

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-123981

(43)Date of publication of application : 17.05.1996

(51)Int.Cl.

G06T 15/50
G06F 17/50

(21)Application number : 06-260786

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC
KANSAI PAINT CO LTD

(22)Date of filing : 25.10.1994

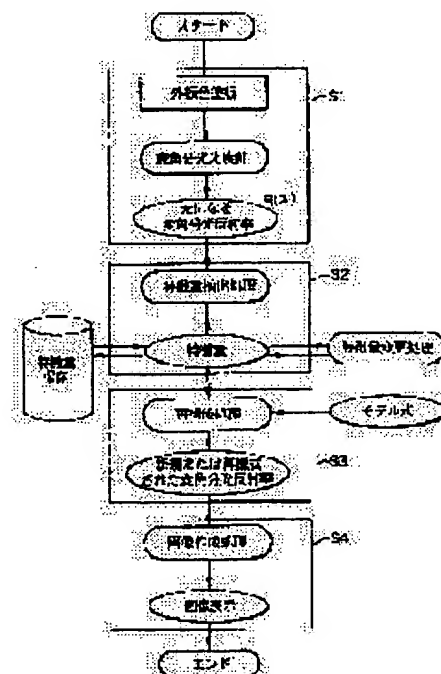
(72)Inventor : OZEKI TORU
HATTORI HIROSHI
UCHIYAMA YUJI
ISHIHARA TOSHIKAZU
MASUDA YUTAKA

(54) COMPUTER GRAPHICS DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To reproduce a paint color faithful to an intended color on a computer.

CONSTITUTION: A variable angle spectral measuring instrument actually measures the variable angle spectral reflection factor of an external plate painted plate (S1). A feature quantity regarding angle variation and a feature quantity regarding wavelength are extracted from the measured variable angle spectral reflection factor (S2). The extracted feature quantities are used to reproduce the original variable angle spectral reflection factor or varied to vary the texture of the external plate color and change the color, there reconstituting a variable angle spectral reflection factor (S3). An image of the paint color is displayed by using the reconstituted angle variation spectral reflection factor (S4). Thus, the color and texture can easily be controlled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.09.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3054321

[Date of registration] 07.04.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998.2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-123981

(43) 公開日 平成8年(1996)5月17日

(51) Int.Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 T 15/50

G 0 6 F 17/50

9365-5H

9191-5H

G 0 6 F 15/ 72

15/ 60

4 6 5

6 8 0 Z

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号

特願平6-260786

(22) 出願日

平成6年(1994)10月25日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(71) 出願人 000001409

関西ペイント株式会社

兵庫県尼崎市神崎町33番1号

(74) 代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

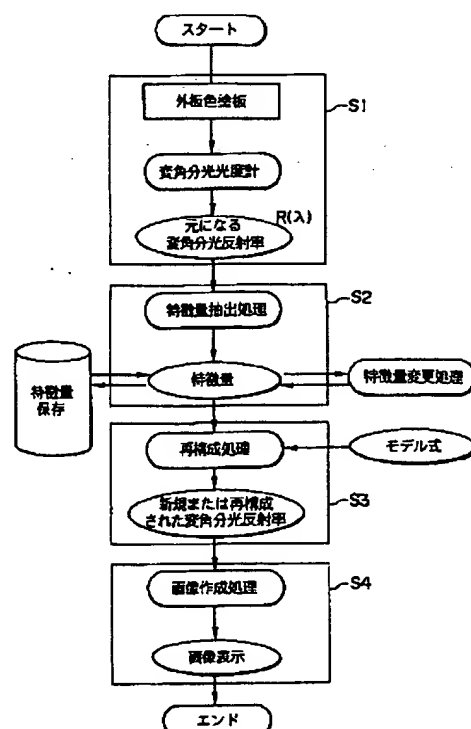
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンピュータグラフィクス装置

(57) 【要約】

【目的】 コンピュータ上において意図する色に忠実な塗装色を再現する。

【構成】 外板色塗板の変角分光反射率を変角分光測定機によって実測する (S1)。実測された変角分光反射率から変角に関する特徴量と波長に関する特徴量を抽出する (S2)。抽出された特徴量を用いて元の変角分光反射率を再現する又は抽出した特徴量を変更することにより外板色の質感を変更や色を変更し、変角分光反射率を再構成する (S3)。再構成された変角分光反射率を用い塗装色の画像を表示する (S4)。このようにして色や質感を容易に制御できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、

前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特微量と、前記変角に依存する第2の特微量を演算する特微量演算手段と、

前記特微量演算手段で求めた第1の特微量と第2の特微量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、を備えたコンピュータグラフィクス装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、コンピュータグラフィクス装置にかかわり、特に、カラー印刷やカラー表示等をする際にコンピュータ上でデザイナー等のオペレータが意図する所定の色を再現するコンピュータグラフィクス装置に関する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータグラフィクスの分野では、レンダリングで知られているように様々な色を伴った模様や図形等の画像をコンピュータ上で表示させたり、表示させた画像をカラー印刷させたりすることが行われている。このコンピュータ上で、色を伴う物体の画像を表示させようとする場合には、光の反射原理をモデル化し、光の輝度等によって物体を表現するが、物体の材質感等の感覚的な色の表現が充分ではなく、物体の実質的な色をコンピュータ上で簡単な入力操作によって表現することが困難であった。

【0003】このため、物体の材質感をリアルに表現するコンピュータグラフィクス装置がある（特開平4-195480号公報、特開平5-40833号公報参照）。このコンピュータグラフィクス装置では、物体の反射係数や透過係数を検出し、物体からの反射光を鏡面反射成分と拡散反射成分に分離して取り扱うことによって、物体の材質感をリアルに表現しようとしている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、物体は、その組成や物性、及び物体固有の表面形状によって透過率や反射率が大きく異なることがある。例えば、車両のボデー等の物体面は、塗料等を塗布したことによる塗装色を有する塗装面により形成されるが、ユーザやデザイナー等が意図する所望の塗装色の塗装面を得るためには、複数の顔料等の混合による色材を含む塗料等を想定しなければならない。このような塗装面の反射率は、塗装面の反射光を受光するときの受光角を正反射方向から変化させた角度（以下、変角という。）に応じて変動する変角特性を有することが知られている。従って、この変角特性は、物体の材質感に影響する。

【0005】従って、従来のコンピュータグラフィクス

装置のように、物体からの反射光を鏡面反射成分と拡散反射成分とを分離したのみでは変角特性により物体の材質感が変動することがあり、忠実な塗装色を再現することができないことがある。

【0006】本発明は、上記事実を考慮して、コンピュータ上において意図する色に忠実な塗装色を再現することができるコンピュータグラフィクス装置を得ることが目的である。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のコンピュータグラフィクス装置は、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特微量と、前記変角に依存する第2の特微量を演算する特微量演算手段と、前記特微量演算手段で求めた第1の特微量と第2の特微量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、を備えている。

【0008】

【作用】本発明のコンピュータグラフィクス装置では、計測手段によって、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する。従って、被塗装物の塗装面に含まれる顔料や光輝材等の材料が所有する固有の変角特性を得ることができる。このため、塗装色は各変角・各波長での反射率、すなわち、変角分光反射率で表現することができる。特微量演算手段は、計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特微量と、変角に依存する第2の特微量を演算する。再現手段は、求めた第1の特微量と第2の特微量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成し、被塗装物の塗装色を再現する。

【0009】このように、分光波長に依存する第1の特微量と変角に依存する第2の特微量とを用いているので、塗装色について、波長依存性が高いことが想定される色と、角度依存性が高いことが想定される質感とを独立して扱うことができ、色と質感を考慮した被塗装物の塗装色を再現することができる。

【0010】また、第1の特微量及び第2の特微量の少なくとも一方の変更によって色及び質感を独立かつ任意に変更可能である。

【0011】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明する。本実施例は、自動車の外装等の塗装色（外板色）をデザインするときの色再現に本発明を適用したものである。

【0012】図3に示すように塗装色を再現するためのコンピュータグラフィクス装置は、パーソナルコンピュータ16を備えている。このパーソナルコンピュータ16は、色データ等を入力するためのキーボード10、予

め記憶されたプログラムに従って所望の塗装色を生成するための関連したデータを演算するコンピュータ本体12、及びコンピュータ本体12の演算結果である塗装色等を表示するCRT14から構成されている。コンピュータ本体12は、CPU、ROM、RAMを含んで構成されており、また、後述する特徴量を記憶するためのメモリを有している。

【0013】自動車の外板色は、着色顔料を主成分とするソリッド塗料と、着色顔料と、光輝材を主成分とするメタリック系塗料に大別される。ソリッド塗料は、光を照射する方向や見る方向に依存せず、略一定の色を呈する。一方、メタリック系塗料は、光を照射する方向や見る方向によって呈する色（特に明るさ）が変化することが特徴であり、この方向による色の变化の挙動が塗料の重要な（デザイン上の）特性となる。近年では、新規な光輝材の開発により、方向による色の变化の挙動のバリエーションが増加しつつあり、又、自動車市場においてもメタリック系塗料の比率は増加している。

【0014】ソリッド塗料の場合には、方向による色の变化が無い場合、塗料と色との間には1対1の関係が成立する。従って、塗料が定まれば、塗装色が定まり、塗装色の指示や再現は、比較的容易であった。

【0015】しかし、メタリック系塗料においては、1つの塗料が方向によって複数の色を呈し、又、塗装色变化の挙動も重要な特性であるため、その塗料の色の指示や再現は非常に困難であった。

【0016】デザイン現場において、新規なメタリック系塗料を作成する場合には、予め用意したサンプル塗料を元に、変更すべき方向をデザイナーの言葉やサンプル物（例えば、鳥羽）、イメージ写真で指示し、塗料を試作し、修正するという試行錯誤を行っていた。この方法は、多大な時間と費用を必要とする。

【0017】このため、メタリック系塗料の塗装色を容易に再現したり変更したりする方法の開発が望まれていた。従来方法では、メタリック系塗料の塗装色の再現については、多量のデータが必要であり、また色の変更については、限定された光輝材についてのみ可能であり、さらに質感の変更は不可能であった。

【0018】本実施例のコンピュータグラフィックス装置は、塗装物体（メタリック系塗装）の色や質感をCRT上に正確に再現（表示）したり、色及び質感を独立かつ任意に変更する方法を提供し、塗装のデザインや塗装材の開発を支援することができる。

【0019】先ず、塗装物体の塗装質感を材料から考えると、塗装物体の質感には塗膜に含まれる光輝材（アルミ粉、酸化鉄等）が強く影響しており、光輝材の種類毎に質感が感じられる。

【0020】また、塗装物体の塗装質感を光学特性から考えると、塗装物体の（見えの）質感は、塗膜の光反射特性（変角分光反射率）で定まり、それは鏡面反射成分

と層内拡散反射成分に分けることができる。このうち、鏡面反射成分は塗膜表面のクリア（プラスチック）層の表面形状や屈折率により決まり光輝材の種類には依存しない。従って、この成分は塗装物に共通な質感には関係するが、光輝材毎の微妙な質感には関与しない。一方、本発明者等は、層内拡散反射成分を各種光輝材について測定した結果、各光輝材毎に特有の反射特性を示しており、これが各光輝材固有の質感を形成しているという知見を得た。

【0021】このように、光輝材毎の質感を再現するには、塗膜の層内拡散反射特性を正確に把握する必要がある。さらに、色および質感を独立かつ任意に変更するには、変更したい因子をパラメータとする数式モデルが必要になる。この数式モデルを想定しないと、例えば単に色だけを変更しようとしても質感をも変更される等、デザイナーが意図する変更をすることができない。

【0022】ここで、本実施例では、塗装色を再現するために、その塗装色を扱うための物理量として、物体表面の分光反射率を用いる。なお、この分光反射率は、複雑な形状の試料、例えば繊維やメタリック塗装等の面では計測器の受光方向によって異なる値で計測されることがあるため、本実施例では、試料への入射角及び試料で反射された光を受光する受光素子への受光角等を変角することによる立体的な分光反射率である分光立体角反射率を用いる。

【0023】表面がフラットな試料の分光反射率は通常ゴニオ・スペクトロ・フォトメータ(Gonio Spectro Photometer、以下、ゴニオという。)24で測定（測色）することができ、この測定した分光反射率を分光立体角反射率(Spectral Reference Factor)、または変角分光反射率という。この分光立体角反射率を、以下、単に反射率Rという。

【0024】図4に示したように、ゴニオ24は、光源28と測定部である受光器26を有している。ゴニオ24では、光源28から試料30の測定点Obに向かう光の入射光軸32と、測定点Obにおいて入射光軸32の光が正反射したときの正反射方向の反射光軸34と、を含む平面を入射平面D₁と定めている。このゴニオ24では、受光器26と測定点Obとを結ぶ軸を測定光軸36として、この測定光軸36が入射面D₁内に含まれるように受光器26が立体的に動く機構（図示省略）となっている。すなわち、最も一般的なゴニオは、測定点を中心として光源部と受光部が入射面内を動く機構となっている。

【0025】反射率Rは、反射光軸34と測定光軸36とのなす角度x、すなわち受光部の正反射方向からの反射角x（単位deg、以下、変角xという。）、及び光の波長λ（単位nm）の関数であり、以下の式（1）で表すことができる。

$$【0026】R(x, \lambda) \quad \cdots (1)$$

但し、変角 x は、反射光軸34と測定光軸36とが一致するときが 0° であると共に、正反射方向から光源部へ向かい時計方向(図4で変角 x を示した矢印方向)に回転した受光部26の位置から得る変角 x の符号を正符号とする。

【0027】図5に示すように、変角 x は、入射面等による直角座標系において定めることができる。すなわち、試料30の法線方向 N 、試料30と光源28との方位である入射方向 L 、試料30から受光器26へ向かう受光方向 R 、試料30で正反射する光の正反射方向 P を定め、法線方向 N 及び正反射方向 P を含む面を入射面 D_1 、法線方向 N と受光方向 R を含む面を受光面 D_2 と定める。これにより、法線方向 N と入射方向 L とのなす角度 θ_1 、法線方向 N と受光方向 R とのなす角度 θ_2 、入射面 D_1 と受光面 D_2 とのなす角度 θ_3 が定まる。また、試料30の表面に方向性がある場合(例えば、織物、ブラシ仕上げ面等)は、測定点 O_b を中心として試料面(塗装面)の基準方向(図5では方向 A)が、入射面 D_1 から離れる角度を角度 θ_4 とする。従って、上記式(1)の反射率 R は、一般式として以下の式(2)で表せる。

【0028】

$$R(\lambda, \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4) \quad \dots (2)$$

但し、 θ_1 : 光源の入射角(deg)

〔角度条件〕

$$\begin{aligned} R(x, \lambda) &= R(-x, \lambda) \quad (-30^\circ < x < 0^\circ) \\ &= R(90^\circ, \lambda) \quad (90^\circ < x < 150^\circ) \end{aligned}$$

【0033】なお、以下の説明では、上記角度条件($\theta_1 = 60^\circ$ 、 $\theta_3 = 0^\circ$ 、 $\theta_4 = 0^\circ$)以外の場合でも正反射方向 P 、受光方向 R の関係から変角 x を演算した反射率 $R(x, \lambda)$ を用いる。

【0034】〔変角分光反射率の測定〕塗装面の反射率は、変角 x 及び波長 λ の連続特性からなる反射率であるが、次のように、近似的に扱うことができる。

【0035】まず、変角 x ($0^\circ \sim 90^\circ$)を境界値 x_j ($j = 1, 2, \dots, n, 0^\circ = x_1 < x_2 < \dots < x_n = 90^\circ$)により $[n+1]$ 個に等間隔または反射率の変化が急激な範囲を細分割する等、適度な分割(以下、適度な分割という)を行う(図6(A)参照)。なお、この適度な分割は、 $1^\circ \sim 5^\circ$ の間隔により19個 \sim 91個のデータ数を得ることができるように設定することが好ましい。

【0036】また、波長 λ も同様に、例えば可視波長を $380(\text{nm}) \leq \lambda \leq 720(\text{nm})$ の波長域として考え、この可視の波長域を境界波長 λ_k ($k = 1, 2, \dots, m, 380\text{nm} = \lambda_1 < \lambda_2 < \dots < \lambda_m = 720\text{nm}$)により $[m+1]$ 個に適度に分割する(図6(B)参照)。なお、波長域の適度な分割は、 $10 \sim 20\text{nm}$ の間隔により18個 \sim 35個のデータ数を得ることができるように設定することが好ましい。

θ_1 : 受光角 (deg)

θ_2 : 方位角 (deg)

θ_3 : 回転角 (deg)

【0029】上記式(2)は θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 で表記した4つの角度パラメータを持つが、一般のペイント塗装面における反射光の強度分布(反射光の強さを、照射点を中心として距離で表した分布)は、入射光の入射角 θ_1 に関係なく、正反射方向 P を軸として常に相似形のスフェリカルシンメトリ(Spherical Symmetry)であることが知られている。従って、反射率は、方向 P 、 R の間の変角 x のみで表わされる。

【0030】従って、ペイント塗装面の反射率は、正反射方向 P と受光方向 R との間の変角 x の関数として、上記の式(1)に示したように反射率 $R(x, \lambda)$ と表わすことができる。例えば、受光角 θ_2 以外の角度条件を所定値($\theta_1 = 60^\circ$ 、 $\theta_3 = 0^\circ$ 、 $\theta_4 = 0^\circ$)に固定し、変角 x を $0^\circ \sim 90^\circ$ (この場合、 $x = \theta_1 - \theta_2$)で変化させたときの、反射率 $R(x, \lambda)$ をゴニオで測定すれば反射率 $R(x, \lambda)$ は $0^\circ < x < 90^\circ$ の角度範囲で求まる。

【0031】また、反射率 $R(x, \lambda)$ を以下の〔角度条件〕で定めれば、 $-30^\circ < x < 150^\circ$ の角度範囲において、反射率 $R(x, \lambda)$ を決定できる。

【0032】

【0037】従って、塗装面の反射率 $R(x, \lambda)$ は、離散的である反射率 $R(x_1, \lambda_1)$ 、 $R(x_2, \lambda_1)$ 、 \dots 、 $R(x_n, \lambda_n)$ から近似することができる。すなわち、図6(C)に示すように、反射率 $R(x, \lambda)$ と変角 x と波長 λ とから各々を軸とする3次元座標系において、反射率 $R(x, \lambda)$ は連続的な曲面等の面(以下、連続面という。)70になる。反射率 $R(x, \lambda)$ を表す連続面70は、この連続面70上に含まれる離散的な複数の点から補間により求めることができる。

【0038】図7(a)~(c)に示したように、表面が塗装された試料の塗装面は、色を決める有色顔料、メタル、パールマイカ等の光輝材、表面のクリア等の種々の物質によって構成される。

【0039】図7(a)に示すように、メタリック塗装が施された塗装面は、クリアコート層40、メタリックベース層42、中塗り層44、電着層46から構成される。このメタリックベース層42には顔料54及びアルミニウム56が含まれている。図7(b)に示すように、パールマイカ塗装が施された塗装面は、クリアコート層40、マイカベース層48、カラーベース層50、中塗り層44、電着層46から構成される。このマイカベース層48にはチタンコートマイカ顔料58が含まれ

ている。図7(c)に示すように、ソリッド塗装による塗装面は、上塗り層52、中塗り層44、電着層46から構成される。この上塗り層52には、着色顔料60が含まれている。

【0040】これらの光輝材及び種々の物質による塗装の違いにより、反射率 $R(x, \lambda)$ の連続面の面形状も異なるものとなる。なお、反射率 $R(x, \lambda)$ は、顔料、光輝材の種類や量によって左右される。

【0041】次に、各構成物による光学的効果を説明する。外板色塗装板の構成物は、一般顔料のような光吸収性材料、アルミ片の様な光反射性材料、マイカ片のような光透過・干渉性材料に大別できる。外板色から反射される光は、これらの材料の相互作用および塗膜表面での正反射の結果である。これらの材料毎の変角特性の概略

$$R(x, \lambda) = R_1(\lambda) * k_1(x) \quad \dots (4)$$

【0046】＜光透過・干渉性材料＞図8(A)に示すように、透過については、個々の材料片自体が、材料片中の光路長によって定まる分光透過率を有すると考えられる。光路長は、材料片への入射角によって定まるか

$$t(x_1, \lambda) = \tau(\lambda)^{d/\cos(x_1)} \quad \dots (5)$$

【0048】但し、 $t(x_1, \lambda)$ ：材料片への入射角 x_1 の光線に対する材料片の分光透過率

$\tau(\lambda)$ ：単位光路長あたりの分光透過率

d ：材料片の厚さ

x_1 ：材料片への入射角

【0049】一方、図8(B)に示すように、干渉については、個々の材料片は、反射性材料と同じように正反射方向についてのみ、ある分光反射率（ただし、これは光干渉が起きた結果である。）を示す。反射性材料と大きく異なる点は、この分光反射率が、入射角により変化する点である。

【0050】すなわち、屈折率 n_0 の空間中に屈折率 n_1 のバインダーを塗布した塗板が存在し、そのバインダー中に屈折率 n_2 の干渉性光輝材が存在する場合を考えると、各入射角と屈折率の関係は、

$$n_0 * \sin(x_1) = n_1 * \sin(x_2) = n_2 * \sin(x_3)$$

である。

【0051】一方、干渉性材料中の光路長の $1/2$ は、 $p = n_2 * d / (1.0 - \sin^2(x_2))^{1/2}$

であり、先の式を利用して書き直すと、

$$p = n_2 * d / (1.0 - n_1^2 / n_2^2 * \sin^2(x_1))^{1/2}$$

となる。空間の屈折率 n_0 を1.0（空気）と考えると、

$$p = n_2 * d / (1.0 - 1.0 / n_2^2 * \sin^2(x_1))^{1/2}$$

である。

【0052】干渉性材料に入射した光線は、同材料の表面で反射した光線に比べ、 $2p$ だけ長い光路長を経るこ

を次に示した。

【0042】＜光吸収性材料＞全ての変角に渡り、略一定の分光反射率を示す。従って、次の式(3)で表せる。

【0043】

$$R(x, \lambda) = R_0(\lambda) \quad \dots (3)$$

【0044】＜光反射性材料＞個々の材料片は、正反射方向についてのみある分光反射率を示す。塗装層中では、個々の材料片は、それぞれ傾きを持って存在するため、複数の材料片を総合した挙動（巨視的な変角特性）は、ある一定の分光反射率 $R_1(\lambda)$ と、変角の関数である係数 $k_1(x)$ との積として、次の式(4)で表せる。なお、以下の式では乗算記号として*を用いる。

【0045】

ら、材料片の分光透過率 t は入射角の関数である。従って、次の式(5)で表せる。

【0047】

【数1】

とになる。一方、同材料の表面で反射する光線は、その反射面において角度 π だけ位相が変化するので、2つの光線の位相差は、

$$\Delta = 2p/\lambda * 2\pi + \pi$$

である。従って、2つの光線の合成は、

$$\sin(x) + \sin(x + \Delta) = 2 \cos(-\Delta/2) * \sin(x + \Delta/2)$$

となり、光線の強さが

$$k = 2 \cos(-\Delta/2)$$

だけ変調されることになる。 Δ は、波長 λ と光路長 p の関数であり、さらに光路長 p は入射角 x_0 の関数であるから、 Δ を $d1t(x_0, \lambda)$ と書き替え、干渉性材料の干渉現象を反射率として表現すると、1.0以上の値となり得る x_0, λ の関数 $i(x_0, \lambda)$ となる。

$$【0053】 i(x_0, \lambda) = 2 \cos(-d1t(x_0, \lambda)/2)$$

塗装層中では、個々の材料片はそれぞれ傾きを持って存在し、透過と干渉が複雑に繰り返される。その結果生じる巨視的な挙動は、入射角 x_0 、変角 x および波長の関数と考えることができる。便宜上、入射角を $x_0 = 60^\circ$ の定数と考えると、次の式(6)で表せる。

【0054】

$$R(x, \lambda) = R_2(x, \lambda) \quad \dots (6)$$

【0055】また、塗膜表面からの正反射光は、正反射方向のみに存在し、塗膜の表面状態（平滑度等）および塗膜表層の屈折率の関数である。

【0056】実際の外板色塗板では、これらの材料間の相互作用（例えば、メタリック塗板では、アルミ片からの反射光がさらに一般顔料に反射してから塗板外に出射する等）が考えられ、その挙動は複雑である。

【0057】従って、これらの塗料構成物の各々の挙動から、その塗料の変角分光反射率を求めることは、極めて困難であるが、塗料構成物によって特徴付けられる変角分光反射率を解析し、その特徴を抽出することは可能である。

【0058】上述のように、外板色は各変角・各波長での反射率（即ち、変角分光反射率）で表現することができる。しかしながら、そのデータ量は多く、又、色や質感を変更することも困難である。このため、データ量の削減を図り、かつ、色や質感の制御を容易にする方法が必要になる。本実施例は、外板色の特性に基づき、変角分光反射率を変角に依存する成分（以下、変角に関する特徴量）と分光波長に依存する成分（以下、波長に関する特徴量）に分離したモデル式（詳細後述）を用いて、色や質感の制御を容易にしたものである。

【0059】〔概要〕本実施例における色や質感の制御を容易にする方法は、図1に示すように、先ず、段階S1として、外板色塗板の変角分光反射率を上記のゴニオによって実測する。この1つの実測された変角分光反射率から、次の段階S2において、変角に関する特徴量（1つあるいは複数の変数または関数）と波長に関する特徴量（1組の分光反射率）を抽出する。

【0060】この抽出された変角分光反射率は、全て記憶するのではなく、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量を記憶することによって、次の段階S3において、元の変角分光反射率を再現することができ、記憶しなくてはならないデータ量を削減することができる。また、この段階S3では、抽出した変角に関する特徴量を変更することにより外板色の色を維持した状態で質感を変更することや、波長に関する特徴量を変更することによって外板色の質感を維持した状態で色を変更することが可能になる。さらに、段階S3では、変角に関する特徴量を、他の外板色の変角分光反射率から抽出された変角に関する特徴量に置き換えることや、波長に関する特徴量について、同様のことを行なうことにより、色を維持して質感のみを他の材質のものに入れ換えることや、質感を維持して色のみを入れ換えることができる。

【0061】また、干渉等による色相変化の強い光輝材を含んだ塗料に関しては、変角に関する特徴量、波長に関する特徴量に加え、色相変化を表わす特徴量（変角と波長の関数）のモデル式に加え、色相変化効果を維持した状態での色や質感の変更や、色相変化効果の強弱の調整、他の材質の色相変化効果との入れ換えを可能にする。この色相変化効果を表わす特徴量も1つの実測された変角分光反射率から抽出することが可能であるが、この色相変化効果を表わす特徴量を導入した場合には、先に述べたデータ量削減の効果が減ずることがあるので、必要に応じて選択的に用いることが好ましい。

【0062】上記色変更や質感変更、色相変化効果変更を行った場合、その変更内容によっては、変角分光反射

率を実測する際の測定誤差（バラツキ）が増幅され、変更方向での色変化が不連続になることがある。それを防止するために、実測した変角分光反射率データに対して、測定バラツキを低減する処理（ノイズ除去）を行う。このノイズ除去の基本はスムージング処理であるが、反射率の大きさによって、その処理を実施するか否かを制御することにより、効果が高く、しかも、変角分光反射率の本来の特性を損なわないように処理することができる。

【0063】上記段階S3において新規な変角分光反射率または再構成された変角分光反射率を用いて、次の段階S4ではCADのフレーム画像の面データ等として、得られる変角分光反射率に基づいた塗装色の画像を表示する。

【0064】〔色変更、質感変更〕上記のように外板色は各変角・各波長での反射率（即ち、変角分光反射率）で表現可能であるので、デザイナーがその外板色を変更するためには、変角分光反射率の1点1点の反射率を変更すれば良い。しかし、そのデータ量は膨大になるので、変角分光反射率の1点1点の変更という操作は事実上不可能である。このため、デザイナーの要求する変更を迅速に、かつ的確に行なう方法が必要である。

【0065】外板色の主要な特性は、色と質感である。デザイナーが外板色を変更する場合、これらの特性を各々変更することを想起する。例えば、銀色のアルミメタリックの外板色を変更する場合には、「アルミメタリックの質感はそのまま、銀色に少し赤みを加える」とか、「銀色はそのまま、メタリック感を強める」といった抽象概念で提示されることが多い。従って、色に関する変更方法と質感に関する変更方法を確立し、これらの方法によって変角分光反射率全体を変更することが望ましい。色に関する変更は、塗料の中の着色顔料の種類や量を変更することに相当し、又、質感に関する変更は、塗料の中の光輝材の種類や量を変更することに相当する。

【0066】外板色の質感は維持して色を変更する場合、例えば、デザイナーはある変角での色を変更するという操作を行なう。この操作をその変角にだけ反映したのでは、その結果はデザイナーの望む物にはならない。デザイナーは、ある変角での色の変更を通して塗料の中の着色顔料の変更を意図しており、その場合には、その変角の色だけでなく、全ての変角について色が変化しなければならない。その際、デザイナーが変更を実施した変角以外の角度について、色の変更をどのように行なうかが問題となる。質感を維持し、かつ、色を変更するためには、変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離し、色の情報を変更した後、再び、質感の情報と合成しなければならない。

【0067】また、逆に、外板色の色は維持して質感を変更する場合、例えば、デザイナーは「ハイライト部とシェード部の明暗差を大きくする」というような操作を行

う。この操作のデザイナ意図は光輝材の変更であり、変角全体の変角分光反射率を変更しなければならない。その際、着色顔料の変更は意図されていないから、明暗を除く色の変化が起こることは望ましくない。従って、この場合にも、変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離し、質感の情報を変更した後、再び、色の情報と合成しなければならない。

【0068】さらに、色は維持し、質感を他の光輝材のものと置き換える様な変更も行われる。例えば、赤色メタリックの外板色を元に、材質をマイカに変更する様な場合である。その場合には、赤色メタリックの変角分光反射率から質感の情報と色の情報を分離すると同時に、マイカの変角分光反射率からもその質感の情報を得て、赤色メタリックの質感の情報と入れ換える必要がある。

【0069】従って、図2の段階S2に示すように、上記図1の段階S2において抽出する特徴量として変角に関する特徴量を質感に関する特徴量として扱うと共に、波長に関する特徴量を外板色の質感を維持した状態の色に関する特徴量として扱い、各々の特徴量を独立または相互に関係するように変更する処理を行えば、色変更、質感変更を行うことができる。

【0070】【色の情報の分離と変更】色の情報は、一般的に分光反射率で表現される。変角分光反射率の場合、変角毎に、分光反射率が定まるが、ある変角での分光反射率か又は複数の変角の分光反射率から求められた分光反射率で、変角分光反射率の色情報を代表させることができる（但し、色相変化効果を有する場合を除く）。

【0071】色情報の変更については、例えば、グラフィックイコライザを使って各波長の反射率を変更する方法や、三刺激値やマンセル値を変化させ、その結果を分光反射率に反映させる方法がある。結果的に分光反射率が変更されるような方法であれば、色情報の変更方法の内容は問わない。

【0072】また、変角分光反射率がモデル式化されていれば、色情報を代表させる分光反射率の変角と、色変更の操作を行なう変角とは一致している必要はない。す

$$R(x, \lambda) = S(x, \lambda) + \alpha(x) * b(\lambda) + \beta(x) + T(x, \lambda) \quad \dots (7)$$

但し、 $R(x, \lambda)$ ：変角分光反射率（測定値）

$S(x, \lambda)$ ： $0 \leq x \leq 1$ において、

$S(x, \lambda) = R(x, \lambda) - R(2, \lambda)$

$1 < x$ において、

$S(x, \lambda) = 0$

$b(\lambda)$ ：ある変角 x_0 における分光反射率 $R(x_0, \lambda)$

$\alpha(x)$ ： $0 \leq x \leq 1$ において、

$\alpha(x) = \alpha(2)$

$1 < x$ において、

なわち、任意の変角での色変更が可能である。

【0073】【質感の情報の分離と変更】質感の情報の表現方法については、一般的な方法は存在しない。例えば、変角毎の視感反射率 Y を使って、外板色の質感を表示する場合もあるが、当然のことながら Y 値には色依存性があり、同じ質感であっても、赤色の場合と青色の場合とでは、その Y 値は異なったものになる。従って、変角毎の Y 値を使って質感の情報を表現したのでは、先に述べたような光輝材の量の変更や種類の変更を意図した質感のみの変更が困難になるばかりでなく、色変更に伴って質感の情報も変更する必要が生じ、処理が非常に煩雑になる。

【0074】従って、色に依存しない質感情報を抽出することが技術上のポイントとなり、本方法では、基準となる分光反射率に掛ける係数（および、本発明のある方法では、基準となる分光反射率に加える係数の双方）を変角の関数とし、それを質感情報としている。これらの関数は、色に依存せず、光輝材の挙動を示しているから、先に述べた様な質感のみ変更が可能であり、又、色変更の際にも特に処理を必要としない。

【0075】また、光輝材の中には、干渉により反射角度に依存して色を呈するものや光輝材自体が着色されているものがある。これらの光輝材によって呈される色は、外板色の色を決定する主要な要因となる着色顔料が呈する色とは異なるものであり、変角分光反射率の色情報としてでなく、質感情報の一部として取り扱う必要がある。本方法では、上記基準となる分光反射率への操作（変角毎の係数を掛け、さらに、別の係数を加える）によって再構成される変角分光反射率と実測した変角分光反射率との差をこの特性を表す質感情報としている。

【0076】質感の変更は、その質感の強める／弱めるという意図に対応し、質感情報である各特徴量に係数を掛けることによって行う。又、これらの特徴量を、他の光輝材の特徴量に置き換えることにより、光輝材の変更を実現することができる。

【0077】次に、外板色の特性に基づき、変角分光反射率を、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量に分離したモデル式の一例を次の式（7）に示す。

$b(\lambda)$ を説明変数、 $R(x, \lambda)$ を目的変数とし、1次回帰を行なった場合の傾き

$\beta(x)$ ： $0 \leq x \leq 1$ において、

$\beta(x) = \beta(2)$

$1 < x$ において、 $b(\lambda)$ を説明変数、 $R(x, \lambda)$ を目的変数とし、1次回帰を行なった場合の切片

$T(x, \lambda)$ ： $0 \leq x \leq 1$ において、

$T(x, \lambda) = T(2, \lambda)$

$1 < x$ において、

$T(x, \lambda) = R(x, \lambda) - (\alpha(x) * b(\lambda) +$

$\beta(x)$)

【0078】上記式(7)から理解できるように、このモデルは可逆性を有する。すなわち、右辺の各項を変更しない限り、元データである反射率 $R(x, \lambda)$ を復元

$S(x)$

$\alpha(x) * b(\lambda) + \beta(x)$

$T(x, \lambda)$

【0080】また、デザイン上の観点からは、

$b(\lambda)$

$\alpha(x), \beta(x)$

$T(x, \lambda)$

と見なすこともできる。

【0081】上記の式(7)において、 $S(x, \lambda)$ の値が0になる領域を $1 < x$ としたのは、変角分光測定機(ゴニオ24)の測定開き角を考慮したためである。

【0082】また、ある変角 x_0 は、 $x_0 = 40$ とした。これは、干渉性材料の特性を考えると、変角が大きい程、干渉の影響は少なくなると考えられる。従って、 x_0 = 「測定した最大の変角」とした方が残差成分 $T(x, \lambda)$ において干渉性成分をより良く表現できる。しかし、実際には、大きい変角での測定データは、測定光量不足による信頼性低下(バラツキの増加)が問題となり、上式の $b(\lambda)$ とすることには疑問が感じられるため、あえて、 $x_0 = 40$ とした。

【0083】色制御は、式(7)の $b(\lambda)$ を $b'(\lambda)$ に変更することで表現する。すなわち、
 $R'(x, \lambda) = S(x, \lambda) + \alpha(x) * b'(\lambda) + \beta(x) + T(x, \lambda)$

で得られる $R'(x, \lambda)$ が、色制御後の変角分光反射率となる。

【0084】また、 $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 、 $T(x, \lambda)$ を変更することにより、見かけ上の変角特性を変えることができる。例えば、フリップフロップ性およびカラーフロップ性の強さを制御する係数 k_a 、 k_b 、 k_t を導入し、

$\alpha'(x) = k_a * \alpha(x)$

$\beta'(x) = k_b * \beta(x)$

$T'(x, \lambda) = k_t * T(x, \lambda)$

として、

$R'(x, \lambda) = S(x, \lambda) + \alpha'(x) * b'(\lambda) + \beta'(x) + T'(x, \lambda)$

を求めることにより、色および変角特性を変えた変角分光反射率を得る。

【0085】次に、色制御及び材質制御を行って塗装色を再構成する処理を図9のフローチャートと共に説明する。

【0086】パーソナルコンピュータ16を含んで構成されるコンピュータグラフィクス装置の図示しない電源スイッチがオンされ、塗装色を再現するための処理へ移行すると、図9の処理ルーチンが実行される。

することが可能である。

【0079】この式(7)によるモデル式の各項は、次のように考えることができる。

: 塗膜表面からの反射光

: 光吸収性および反射性材料による反射率

: 光透過・干渉性材料による反射率

: 色味に関するパラメータ

: フリップフロップ性に関するパラメータ

: カラーフロップ性に関するパラメータ

【0087】ステップ102では、ゴニオ24によって外板色塗板の変角分光反射率 R が測定される。次に、ステップ104において測定データのノイズを除去した後、次のステップ106において特徴量を抽出する。このステップ104では、測定データ中のノイズ成分を選択的平滑化処理により除去する。また、ステップ106では、 $S(x, \lambda)$ 、 $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 、 $b(\lambda)$ 、 $T(x, \lambda)$ を算出する。次のステップ108では抽出された特徴量を用いて色制御及び材質制御の少なくとも一方を行い、次のステップ110において変角分光反射率が再構成される。このステップ108では、 $\alpha'(x)$ 、 $\beta'(x)$ 、 $b'(\lambda)$ 、 $T'(x, \lambda)$ を決定する。また、ステップ110では、 $S(x, \lambda)$ 、 $\alpha'(x)$ 、 $\beta'(x)$ 、 $b'(\lambda)$ 、 $T'(x, \lambda)$ から $R'(x, \lambda)$ を算出する。次のステップ112では再構成された変角分光反射率に基づいた塗装色の画像を表示する。次のステップ114では、キーボード10の判定指示入力(OK/NG)によって表示された画像の塗装色が意図する塗装色であるか否かが判断され、意図する塗装色になるまでステップ108からステップ112を繰り返し実行する。このように、ステップ104における測定データのスムージング及びステップ106の特徴量の抽出は、元となる測定データにつき、1回のみ行えば良い。

【0088】(測定データのノイズ除去)次に、上記ステップ104の詳細を説明する。

【0089】外板色塗板の変角分光反射率を測定する場合、変角が大きい領域においては、ゴニオの受光器26に入射する光量が極端に小さくなり、相対的にノイズ成分が増加することになる。

【0090】変角分光反射率の測定データをそのまま(何等処理をせずに)利用して、実車の着色画像を作成した場合、直射光に対する変角が大きい部位においては、天空光による見えが支配的になるため、ノイズの影響はほとんど目立たなくなる。

【0091】しかし、測定データをそのまま本実施例におけるモデル式に当てはめた場合、ノイズ成分は、 $T(x, \lambda)$ に集中して保存されることになる。色制御を行った場合、新たに決定された $b'(\lambda)$ が元の $b(\lambda)$

より小さいと、再構成によって得られる $R'(x, \lambda)$ 中のノイズ成分は相対的に増加することになる。これは、ノイズ成分が絶対量として $T(x, \lambda)$ に保存されているので、再構成の際、その $T(x, \lambda)$ をも利用するためである。従って、本実施例では、測定データのノイズ除去処理を行うことが好ましい。

【0092】上記のように、相対的にノイズ成分が増加するのは、ゴニオの受光器に入射する光量が小さい場合である。従って、入射光量が小さい場合にのみノイズ除去処理を行えば良いことになるが、測定データからは、受光センサーへの入射光量そのものを知ることができない。このため、本実施例では、各変角におけるC光源下での視感反射率 Y に応じてノイズ除去処理のスイッチングを行う。

【0093】また、ノイズ除去は、2次元フィルタを用いた平滑化処理により行った。このような2次元フィルタを用いる場合、データ端部の処理が問題となるが、本実施例では次の表1に示すマップを用い、フィルタの形状をデータ端部の形状に合わせて変形（削除）する方法を採用した。

【0094】

【表1】

マスク： $mask[i][j] :=$

変角方向↓ (i)	-5	0.0	0.0	0.0
	-4	0.0	0.2	0.0
	-3	0.0	0.6	0.0
	-2	0.0	1.0	0.0
	-1	0.0	1.0	0.0
	0	0.5	1.0	0.5
	1	0.0	1.0	0.0
	2	0.0	1.0	0.0
	3	0.0	0.6	0.0
	4	0.0	0.2	0.0
	5	0.0	0.0	0.0
		-1	0	1
		波長方向→ (j)		

$$r'[x][y] = \frac{\sum_{i=-5}^5 \sum_{j=-1}^1 (r[x+i][y+j] * mask[i][j])}{\sum_{i=-5}^5 \sum_{j=-1}^1 (mask[i][j])} \dots (8)$$

【0095】すなわち、任意の反射率 $R(x, \lambda)$ を反射率 $r[x][y]$ と定義すると、ノイズ除去後の反射率 $r'[x][y]$ は、 $(x-5, y-1)$ から $(x+5, y+1)$ の範囲の全てにデータが存在するとき、次の式(8)で表せる。

【0096】

【数2】

【0097】データの端部をも考慮すると、 $(x-v_i, y-v_j)$ から $(x+u_i, y+u_j)$ の範囲の全

てにデータが存在する場合には $(v_i, u_i \leq 5$ かつ、 $v_j, u_j \leq 1$ である)、次の式(9)で表せ

る。

【数3】

【0098】

$$r' [x] [y] = \frac{\sum_{i=-v}^u \sum_{j=-v}^u (r[x+i][y+j] * \text{mask}[i][j])}{\sum_{i=-v}^u \sum_{j=-v}^u (\text{mask}[i][j])} \dots (9)$$

【0099】本実施例における上記ステップ104のノイズ除去処理のスイッチングは、マスク範囲の全ての変角（すなわち v_i から u_i ）での視感反射率 Y が設定したしきい値以下であればオン（ノイズ除去処理有り）、それ以外はオフとしている。

【0100】実際の測定データは、変角 0° 近傍において反射率の急激な変化が認められる。すなわち、高い周波数成分が存在することになる。この部分について、上記マスクを適用すると反射率の立ち上がりがにぶくなり、望ましくない結果となる。すなわち、保存すべき高周波成分をカットしてしまう結果となる。本実施例では、上述のスイッチング処理により変角 0° 付近ではノイズ除去処理は行われないので、上記望ましくない高周波成分カットが回避される。

【0101】（特徴量の抽出）次に、上記ステップ106の詳細を説明する。

【0102】変角 x が 2° 以上の範囲での $\alpha(x)$ 、 β

(x) 、 $T(x, \lambda)$ の特徴量は、 $R(x, \lambda)$ を目的変数、 $b(\lambda)$ を説明変数として、各変角毎に1次回帰を行うことにより求められる。すなわち、1次回帰結果の傾きが $\alpha(x)$ 、切片が $\beta(x)$ 、残差が $T(x, \lambda)$ である。この際、 $b(\lambda)$ は、変角 40° での分光反射率 $R(40, \lambda)$ とする。また、この範囲内での $S(x, \lambda)$ は、0 とする。

【0103】 $R(x, \lambda)$ 、 $b(\lambda)$ に関する1次回帰とは、次に説明するように、ある波長 λ_1 に関する $R(x, \lambda_1)$ の値と $b(\lambda_1)$ の値を1つのデータ組と考え、測定を行った波長の数だけのデータ組から2つの測定値群（ $R(x, \lambda)$ と $b(\lambda)$ ）の関係を求める処理である。

【0104】 $R(x, \lambda)$ と $b(\lambda)$ に関する1次回帰がある変角 x について、次に示す表2を想定する。

【0105】

【表2】

データ組番号	波長 λ	データ組	
		目的変数 y すなわち $R(x, \lambda)$ の値	説明変数 x すなわち $b(\lambda)$ の値
1	390	3.34	0.42
2	400	3.99	0.50
3	410	4.17	0.52
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
34	720	3.65	0.43
35	730	3.69	0.43

【0106】図10(A)には、横軸に説明変数 x を、縦軸に目的変数 y を設定した2次元座標上に上記表2のデータをプロットしたデータ分布を示した。1次回帰とは、この図10(A)のデータ分布に最も相関がある（当てはまる）直線を求める操作である（図10(B)参照）。すなわち、傾き α および切片 β を求めることである。

【0107】変角 x が 0° から 1° の範囲では、 $S(x, \lambda)$ は、これらの変角での分光反射率 $R(x, \lambda)$ と変角 2° での分光反射率 $R(2, \lambda)$ との差で求められる。本実施例のモデル式では、変角 2° での分光反射率 $R(2, \lambda)$ も $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 、 $b(x)$ 、 $T(x, \lambda)$ の特徴量で表さなければならないので、この変角範囲での $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 、 $T(x, \lambda)$ は、

各々 $\alpha(2)$ 、 $\beta(2)$ 、 $T(2, \lambda)$ となる。

【0108】すなわち、 $0 < x < 1$ について、 $S(x', \lambda) = R(x', \lambda) - R(2, \lambda)$ であり、

$$R(2, \lambda) = \alpha(2) * b(\lambda) + \beta(2) + T(2, \lambda)$$

であるから、

$$S(x', \lambda) = R(x', \lambda) - (\alpha(2) * b(\lambda) + \beta(2) + T(2, \lambda))$$

となる。変角毎の分光反射率を表す形に書き直すと、 $R(x', \lambda) = S(x', \lambda) + (\alpha(2) * b(\lambda) + \beta(2) + T(2, \lambda))$

であるから、変角 x の値に制限のない一般形である、

$$R(x, \lambda) = S(x, \lambda) + \alpha(x) * b(\lambda) + \beta$$

$(x) + T(x, \lambda)$
と比較すると、
 $\alpha(x') = \alpha(2)$
 $\beta(x') = \beta(2)$
 $T(x', \lambda) = T(2, \lambda)$
となる。

【0109】以上説明した特徴量抽出処理の詳細を図11のフローチャートを参照し更に説明する。図11のステップ202では、変角 40° での分光反射率 $R(40, \lambda)$ 、すなわち $b(\lambda)$ を測定した波長毎の離散的な値 $D[i]$ ($1 \leq i \leq 35$ 、すなわち $390\text{nm} \sim 730\text{nm}$)

$$D_{sxx} = \sum_{i=1}^{35} (D[i] - D_{avg})^2 / 35 \quad \dots (11)$$

【0113】次に、ステップ206において $2 < x \leq 90$ の各変角 x について、変角 x での分光反射率 $R(x, \lambda)$ を測定した波長毎の離散的な値 $R[x]$ ($i: 1 \leq i \leq 35$)と考え、その平均値 $R_{avg}[x]$ を次の式

$$R_{avg} = \sum_{i=1}^{35} R[x][i] / 35 \quad \dots (12)$$

【0115】次のステップ208では、 $D[i]$ と $R[x][i]$ の共分散 R_{sxy} を次の式(13)を用いて求める。

$$R_{sxy}[x] = \sum_{i=1}^{35} (D[i] - D_{avg})(R[x][i] - R_{avg}[x]) / 35 \quad \dots (13)$$

【0117】次のステップ210では、傾き $\alpha[x]$ を次の式(14)を用いて求める。

$$\alpha[x] = R_{sxy}[x] / D_{sxx} \quad \dots (14)$$

【0118】次のステップ212では、切片 $\beta[x]$ を次の式(15)を用いて求める。

$$\beta[x] = R_{avg}[x] - \alpha[x] * D_{avg} \quad \dots (15)$$

【0119】次のステップ214では、残差成分 $T[x][i]$ を次の式(16)を用いて求める。

$$T[x][i] = R[x][i] - (\alpha[x] * D[i] + \beta[x]) \quad \dots (16)$$

【0121】次に、ステップ216において $S[x][i]$ を0にセットし($S[x][i] = 0.0$)、次のステップ218において、 $0 \leq x \leq 1$ の各変角 x につ

$$S[x][i] = R[x][i] - R[2][i] \quad \dots (17)$$

【0123】次のステップ220では、以上のようにして演算された各値を $\alpha[x]$ 、 $\beta[x]$ 、 $T[x][i]$ にセットする。

【0124】

$\alpha[x] = \alpha[2]$
 $\beta[x] = \beta[2]$
 $T[x][i] = T[2][i]$

【0125】次に、上記ステップ108において、色制御を行う場合、 $b(\lambda)$ を別の $b'(\lambda)$ に入れ換えることにより実現される。 $b(\lambda)$ を $b'(\lambda)$ に変換する方

0nmにおいて10nm毎のデータに対応する)を想定し、その平均値 D_{avg} を次の式(10)を用いて求める。

【0110】

【数4】

$$D_{avg} = \sum_{i=1}^{35} D[i] / 35 \quad \dots (10)$$

【0111】次のステップ204では、 $D[i]$ の分散 D_{sxx} を次の式(11)を用いて求める。

【0112】

【数5】

(12)を用いて求める。

【0114】

【数6】

【0116】

【数7】

次の式(14)を用いて求める。

次の式(15)を用いて求める。

【0120】

いて、 $S[x][i]$ を次の式(17)を用いて求める。

【0122】

法(色制御マンマシンインターフェース)は、省略する。後述する実験では、別の塗板の $b(\lambda)$ を $b'(\lambda)$ とした。

【0126】また、材質制御(見かけ上)を行う場合には、 $\alpha[\lambda]$ 、 $\beta[\lambda]$ 、 $T[x, \lambda]$ の一部あるいは、全てを、別の $\alpha'[\lambda]$ 、 $\beta'[\lambda]$ 、 $T'[x, \lambda]$ に入れ換えることにより実現される。上記の色制御の場合と同様、その変換方法は省略する。後述する実験では、 $\alpha[\lambda]$ 、 $\beta[\lambda]$ 、 $T[x, \lambda]$ にそれぞれ k_a 、 k_b 、 k_t の各係数を掛けて $\alpha'[\lambda]$ 、 $\beta'[\lambda]$ 、 T'

$[x, \lambda]$ を得ている。

【0127】次に、上記ステップ110の再構成では、色制御、材質制御を行った後の変角分光反射率は、モデル式に従って $R'(x, \lambda)$ を計算することにより求める。

【0128】図12及び図13には、上記のステップ104のノイズ除去処理による効果と色度への影響の実験結果を示した。

【0129】図12(A)にはノイズ除去処理前の分光反射率の分布を示し、図12(B)には、ノイズ除去処理後の分光反射率の分布を示した。また、図12(C)～(E)はノイズ除去処理前後の変角毎の効果及び影響を示すものであり、図12(C)には変角毎の L^* を示し、図12(D)には変角毎の a^* 、 b^* を示し、図12(E)には変角毎の色差を示した。

【0130】図12(A)、(B)を比較すると、ノイズ除去処理の効果が顕著に現れていることが理解され

る。また、図12(C)、(D)からは、ノイズ除去処理は色度に与える影響が少ないことが理解される。

【0131】図13(A)、(B)にはノイズ除去処理前のデータから求められる分光分布を示し、図13

(A)には $\alpha(x)$ と $\beta(x)$ を示し、図13(B)には $T(x, \lambda)$ を示した。図13(C)、(D)にはノイズ除去処理後のデータから求められる分光分布を示し、図13(C)には $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ を示し、図13(D)には $T(x, \lambda)$ を示した。この図13から理解されるように、ノイズ除去処理により安定した $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 及び $T(x, \lambda)$ が得られる。

【0132】次に、光輝材種毎に得られた各種特徴量を図14及び図15に示した。この各光輝材毎の $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ 、及び $T(x, \lambda)$ の関係を次の表3に示す。

【0133】

【表3】

色コード	光輝材種	$\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$	$T(x, \lambda)$
3E6	ソリッド	図14(A)	図14(B)
4K9	メタリック	図14(C)	図14(D)
3K4	マイカ	図14(E)	図14(F)
8G2	マイカメタリック	図14(G)	図14(H)
6K4	MIO	図15(A)	図15(B)
051	ホワイトパールマイカ	図15(C)	図15(D)

【0134】図14及び図15から次の特徴①～④を得ることができる。

特徴①：ソリッドについて、 $\alpha(x)$ は、1.0、 $\beta(x)$ 、 $T(x, \lambda)$ とも0.0でほぼ一定である。これは、周知のソリッド特性（光吸収性材料のみであるため、正反射領域以外ではほぼ均一の分光反射率になる）に一致する（図14(A)、(B)参照）。

【0135】特徴②：マイカ、マイカメタリックについて、 $T(x, \lambda)$ が非0であり、変角が小さい程、その振幅が大きい。これは、光輝材の干渉性を示している（図14(F)、(H)参照）。

【0136】特徴③：MIOについて、 $T(x, \lambda)$ がソリッドと略同様に小さい（図15(B)参照）。

【0137】特徴④：ホワイトパールマイカについて、その光輝材の干渉性が $T(x, \lambda)$ に良く再現されている（図15(D)参照）。なお、変角 40° を境に $T(x, \lambda)$ の極性が逆転しているのは、 $b(\lambda)$ として変角 40° の分光反射率を使用したためであり、変角 90° の分光反射率を使用すれば極性の逆転は無くなると考えられる。

【0138】（色制御、材質制御）次に、色制御、材質制御について行った実験結果を図16乃至図18に示す。この図16乃至図18は、色制御、材質制御を行った塗板及び制御結果の色度図を示すものである。この実験では、次の表4に示す同種光輝材で似通った色の塗板の2枚を1組とする計4組について、塗板1を元に制御を行ない、塗板2を作成することに相当する。すなわち、塗板1の反射率 $R_1(x, \lambda)$ から $S_1(x, \lambda)$ 、 $\alpha_1(x)$ 、 $\beta_1(x)$ 、 $b_1(\lambda)$ 、 $T_1(x, \lambda)$ を求めて特徴量を抽出すると共に、塗板2の反射率 $R_2(x, \lambda)$ から $S_2(x, \lambda)$ 、 $\alpha_2(x)$ 、 $\beta_2(x)$ 、 $b_2(\lambda)$ 、 $T_2(x, \lambda)$ を求めて特徴量を抽出する。この抽出された特徴量のうち、塗板1の $S_1(x, \lambda)$ 、 $\alpha_1(x)$ 、 $\beta_1(x)$ 、 $T_1(x, \lambda)$ 、及び塗板2の $b_2(\lambda)$ を用いて、新規な塗装色の反射率 $R_1'(x, \lambda)$ を上述のようにして再構成したものである。

【0139】

【表4】

組	塗板 1	塗板 2	材質	材質制御の有無およびその方法	備考
1	3 K 4	3 K 3	マイカ	全ての x 、 λ にわたり $T(x, \lambda)$ を 2.8 倍	
2	8 E 3	8 J 4	マイカ	全ての x にわたり $\alpha(x)$ を 0.5 倍 全ての x 、 λ にわたり $T(x, \lambda)$ を 0.5 倍	
3	4 K 9	4 L 5	メタリック	なし	光輝材が 異なる
4	8 G 2	8 J 5	マイカ メタリック	なし	光輝材が 異なる

【0140】図16 (A)～(F)は、表4の組1である、3 K 4の塗板1と3 K 3の塗板2の色度図、及び色制御、材質制御を行った制御結果の色度を示すものである。図16 (A)には3 K 4の塗板1 (点線)と3 K 3の塗板2 (実線)について変角毎のL*を示し、図16 (B)には変角毎の各a*、b*を示した。図16 (C)には3 K 3の塗板2の変角毎のL*を実線で、3 K 4の塗板1に色制御を行った結果のL*を点線で示した。図16 (D)には3 K 3の塗板2の変角毎のa*、b*と、3 K 4の塗板1に色制御を行った結果のa*、b*とを示した。また、図16 (E)には3 K 3の塗板2の変角毎のL*を実線で、3 K 4の塗板1に色・材質制御を行った結果のL*を点線で示した。図16 (F)には3 K 3の塗板2の変角毎のa*、b*と、3 K 4の塗板1に色・材質制御を行った結果のa*、b*とを示した。

【0141】図17 (A)～(F)は、表4の組2である、8 E 3の塗板1と8 J 4の塗板2の色度図、及び色制御、材質制御を行った制御結果の色度図を示すものである。図17 (A)には8 E 3の塗板1 (点線)と8 J 4の塗板2 (実線)について変角毎のL*を示し、図17 (B)には変角毎の各a*、b*を示した。図17 (C)には8 J 4の塗板2の変角毎のL*を実線で、8 E 3の塗板1に色制御を行った結果のL*を点線で示した。図17 (D)には8 J 4の塗板2の変角毎のa*、b*と、8 E 3の塗板1に色制御を行った結果のa*、b*とを示した。また、図17 (E)には8 J 4の塗板2の変角毎のL*を実線で、8 E 3の塗板1に色・材質制御を行った結果のL*を点線で示した。図17 (F)には8 J 4の塗板2の変角毎のa*、b*と、8 E 3の塗板1に色・材質制御を行った結果のa*、b*とを示した。

【0142】図18 (A)～(H)は、表4の組3及び組4である、4 K 9の塗板1と4 L 5の塗板2及び8 G 2の塗板1と8 J 6の塗板2の色度図、及び色制御、材

質制御を行った制御結果の色度図を示すものである。図18 (A)には4 K 9の塗板1 (点線)と4 L 5の塗板2 (実線)について変角毎のL*を示し、図18 (B)には変角毎の各a*、b*を示した。図18 (C)には4 L 5の塗板2の変角毎のL*を実線で、4 K 9の塗板1に色制御を行った結果のL*を点線で示した。図18 (D)には4 L 5の塗板2の変角毎のa*、b*と、4 K 9の塗板1に色制御を行った結果のa*、b*とを示した。また、図18 (E)には8 G 2の塗板1 (点線)と8 J 6の塗板2 (実線)について変角毎のL*を示し、図18 (F)には変角毎の各a*、b*を示した。図18 (G)には8 J 6の塗板2の変角毎のL*を実線で、8 G 2の塗板1に色制御を行った結果のL*を点線で示した。図18 (H)には8 J 6の塗板2の変角毎のa*、b*と、8 G 2の塗板1に色制御を行った結果のa*、b*とを示した。

【0143】これらの図から理解されるように、色制御、及び材質制御について良好な結果を得た。

【0144】以上説明したように、外板色は各変角・各波長での反射率(変角分光反射率)で表現することができる。上記では色や質感の制御を容易にするための、変角に関する特徴量と波長に関する特徴量とに分離したモデル式を例示したが、本発明は、上記のモデル式に限定されるものではなく、以下に示すモデル式及び色や質感の制御を容易にする方法の構成を含むものである。

【0145】なお、以下の説明では、次の定義を有するものである。

[定義]

x : 反射光角度

X : 基準となる特定の変角

λ : 波長

$R(x, \lambda)$: 実測による変角分光反射率

$R'(x, \lambda)$: モデル式による変角分光成分

$R''(x, \lambda)$: モデル式による変角分光成分

【数8】

$AVG(f(x, y))$: 関数 $f(x, y)$ の x についての平均値を求める関数

【0146】[構成1]モデル式を、次の式(18)で表し、

【数9】

$$R'(x, \lambda) = b(\lambda) \prod_{i=1}^N m_i(\lambda) x^i \quad \dots (18)$$

この式(18)について、

【数10】

$$m_i(\lambda) = 10^{a_i(\lambda)} \quad , \quad b(\lambda) = 10^{a_0(\lambda)}$$

とした時に、各波長 λ について、次の式(19)の値が、

【数11】

$$\sum_x (\log(R(x, \lambda)) - \sum_{i=1}^N a_i(\lambda) \cdot x^i + a_0(\lambda))^2 \quad \dots (19)$$

最小となるような $m_i(\lambda) x^i$ 、 $b(\lambda)$ を特徴量とする方法。

【0147】【構成2】前記構成1において、 $N=1$ で表し、あることを特徴とした方法。

【数12】

【0148】【構成3】モデル式を、次の式(20)で

$$R'(x, \lambda) = b(\lambda) \prod_{i=1}^N M_i x^i \quad \dots (20)$$

この式(20)について、

【数13】

$$M_i = 10^{A_i} \quad , \quad b(\lambda) = 10^{A_0(\lambda)}$$

$$\rho(x) = A \bigvee_{\lambda} G(\log(R(x, \lambda)) - \log(R(X, \lambda)))$$

とした時に、次の式(21)の値が、

【数14】

$$\sum_x (\rho(x) - \sum_{i=1}^N A_i \cdot x^i)^2 \quad \dots (21)$$

最小となるような $M_i x^i$ と、各 λ について、次の式(22)の値が、

$$\sum_x (\log(R(x, \lambda)) - (\sum_{i=1}^N A_i \cdot x^i + A_0(\lambda)))^2 \quad \dots (22)$$

最小となるような $b(\lambda)$ を特徴量とする方法。

【0150】【構成5】モデル式を、次の式(23)で

【0149】【構成4】前記構成3において、 $N=1$ で表し、あることを特徴とした方法。

$$R'(x, \lambda) = \alpha(x) \cdot b(\lambda) + \beta(x) \quad \dots (23)$$

この式(23)における、

値が、

$$b(\lambda) = R(X, \lambda)$$

【数15】

を第1の特徴量とし、各 x について、次の式(24)の

$$\sum_{\lambda} (R(x, \lambda) - (\alpha(x) \cdot b(\lambda) + \beta(x)))^2 \quad \dots (24)$$

最小となるような $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ を第2、第3の特徴量とする方法。

【0151】【構成6】前記構成1乃至構成5の何れか1つの方法において、

$$T(x, \lambda) = R(x, \lambda) - R'(x, \lambda) \quad \dots (25)$$

であるような $T(x, \lambda)$ を更に1つの特徴量とし、

$$R''(x, \lambda) = R'(x, \lambda) + T(x, \lambda) \quad \dots (26)$$

をモデル式とする方法。

1つの方法において、 $b(\lambda)$ を変更することにより、塗装色の質感は保持し、色のみを変更処理する方法。

【0152】【構成7】前記構成1乃至構成6の何れか1つの方法において、 $b(\lambda)$ 以外の特徴量を光輝材種毎に予め求めておき、任意の光輝材種の特徴量と任意の $b(\lambda)$ と組合せることにより、新規の塗装色を作成する方法。

【0154】【構成9】前記構成1又は2において、 $m_i(\lambda)$ を変更することにより、塗装色の色は保持し、質感のみを変更処理する方法。

【0153】【構成8】前記構成1乃至構成6の何れか

【0155】【構成10】前記構成1又は2において、モデル式を、次の式(27)に変更し、

【数 16】

$$R'(x, \lambda) = b(\lambda) \cdot k \cdot \prod_{i=1}^N m_i(\lambda) \cdot x^i \cdots (27)$$

kの値を調整することにより、塗装色の色は保持し、質感のみを変更処理する方法。

【0156】【構成11】前記構成3又は4において、Miを変更することにより、塗装色の色は保持し、質感

のみを変更処理する方法。

【0157】【構成12】前記構成3又は4において、モデル式を、次の式(28)に変更し、

【数 17】

$$R'(x, \lambda) = b(\lambda) \cdot k \cdot \prod_{i=1}^N M_i \cdot x^i \cdots (28)$$

kの値を調整することにより、塗装色の色は保持し、質感のみを変更処理する方法。

【0158】【構成13】前記構成5において、モデル式を、次の式(29)に変更し、

$$R'(x, \lambda) = k\alpha \cdot \alpha(x) \cdot b(\lambda) + k\beta \cdot \beta(x) \cdots (29)$$

kα、kβの値を調整することにより、塗装色の色は保持し、質感のみを変更処理する方法。

【0159】【構成14】前記構成6において、モデル式を、次の式(30)に変更し、

$$R''(x, \lambda) = R'(x, \lambda) + k_T \cdot T(x, \lambda) \cdots (30)$$

k_Tの値を調整することにより、塗装色の色は保持し、質感(主に干渉光成分)のみを変更処理する方法。

【0164】構成6によれば、主に干渉光成分を表すT(x, λ)を特徴量とするため、実測データとモデル式によるデータとの乖離が皆無である。

【0160】【構成15】測定した変角分光反射率データのノイズ除去処理に於いて、波長方向と変角方向に2方向について同時に平滑化処理を行い、かつ、この処理を変角分光反射率の低い部分についてのみ行なう方法。

【0165】構成8によれば、特徴量の1つである分光反射率b(λ)を変更することにより、色を保持した状態で質感のみを変更することができる。

【0161】【上記構成1～構成15の作用】構成1乃至構成4によれば、塗装に含まれる光輝材種毎の変角分光反射特性に関するモデル式を用いることにより、変角方向について、少ないデータや測定の手間で色・質感の正確な表示や検査ができる。

【0166】構成7乃至構成13によれば、b(λ)以外の特徴量を変更または置換することにより、質感を保持した状態で色のみを変更することができる。

【0162】構成1または構成2によれば、波長の関数である

【0167】構成14によれば、特徴量T(x, λ)を変更することにより、干渉効果の強度を変更することができる。

【数 18】

$$m_i(\lambda) \cdot x^i$$

を特徴量とするため、実測データとモデル式によるデータとの乖離が少ない。

【0168】構成15によれば、反射率の低い部分についてのみ変角分光反射率データを2次的に平滑化することにより、正反射付近の急峻な反射率の変化は保持し、低反射率部のノイズを低減することができる。

【0163】構成5によれば、変角の関数であるα(x)β(x)を特徴量とするため、実測データとモデル式によるデータとの乖離が少ない。

【0169】上記で説明した構成1乃至構成6とこの構成による作用の対応を次の表5に示した。

【0170】

【表5】

構成と作用のマトリクス

	データ量が 少ない	変角方向への 補間性がある	実データとの 乖離が少ない	干渉光成分 が表現可能
構成1	△	○	○	○
構成2	○	○	△	○
構成3	○	○	△	×
構成4	◎	○	×	×
構成5	○	×	○	×
構成6	×	×	◎	◎

【0171】図19には、上記の構成1、2の方法を用いて、種々の光輝材を含む4種類の塗装面を測定した複

数波長(図19では、5波長)の変角分光反射率を変角分布として示した。図から理解されるように、(拡散反

射成分に関する) 変角分光反射率の対数は、波長の関数 ($\log m_i(\lambda)$) を係数とする変角 (x) の多項式 (構成2では、1次式) で精度よく近似できるという知見を得て、構成1、2において $R(x, \lambda)$ に対する変角 x と波長 λ の寄与を構成1に示すモデル式で定式化するとともに、変角 x の係数となる $m_i(\lambda)$ 、 $b(\lambda)$ を定めるという方法を提示した。すなわち、モデル式は一般的な統計処理から導出したのではなく、塗装の光学特性を的確に反映できるように定めた。

【0172】このモデル式により各種光輝材を含む塗装面の変角分光反射率を精度良く近似できる。構成2は構成1に比べ近似の精度は低下するが、係数の数が減少し取扱が簡便となる。従って、分光反射率の対数の角度依存性が直線に近くなる光輝材 (チタングラファイト、グリーンマイカ等) のモデル式として有効である。

【0173】構成3、4の方法の構成1、2に対する相違点は、変角 (x) の係数を、波長の関数 ($\log m_i(\lambda)$) ではなく、定数 (M_i) としたことである。すなわち、「変角分光反射率 $R(x, \lambda)$ の角度依存性が波長 (λ) に依らず一定である」という仮定の成立する光輝材 (図19で波長毎の曲線の形状が相似形なものの、例えば、図19(b)のチタングラファイト、図19(d)のMIO) について、構成1、2と比べより簡単なモデルを提供するものである。

【0174】上記のように「変角分光反射率 ($R(x, \lambda)$) の角度依存性が波長 (λ) に依らず一定である」ことを仮定しているため、チタングラファイト、MIO等の光輝材に限られ、適応範囲がせまい (その他の場合に適用すると、図20に示すように、誤差が大きくなり、色、質感の再現精度が低下する)。しかし、色を示すパラメータ ($b(\lambda)$) と質感を示すパラメータ (M_i) が完全に分離され、かつ、質感を示すパラメータの数が少ないため (構成3ではN個、構成4では1個)、質感の変更を極めて容易に行なうことができる。従って、上記の仮定が成り立つ光輝材について、各々の質感をパラメータ (M_i) により簡便に表現することができ、かつ、色、質感を変更できる。但し、変更の自由度が狭いことと、上記の仮定が成り立たない光輝材を考慮する質感への変更はできない。

【0175】図20には、各モデル式と実測データの誤差を色差 (CIE1976 ($L^*a^*b^*$) 表色系、JIS Z8730) で示した。光輝材は図20(a)に示すホワイトマイカ (顔料は赤)、チタングラファイト (顔料は青)、および、MIO (顔料は青) である。どの光輝材についても再現精度 (色差の小ささ) は、構成1、構成2、構成4の順に優れている。2次 (構成1で $N=2$) のモデルの場合、変角 15° 以上の拡散反射領域で誤差は色差2以下となっており。どの光輝材についても、ほぼ実物と同様の色、質感を再現することができる。図20(b)に示すチタングラファイト、図20

(d)に示すMIOについてもモデルによる再現精度の違いは見られるものの、構成4の場合でも色差は1以下となっており、構成4のモデルを適用可能である。また、構成2の適用例としては、図20(c)に示すグリーンマイカを挙げることができる。

【0176】次に、上記構成9の特徴について説明する。上記の構成1、2において、 $b(\lambda)$ は変角に依存しない分光反射率を与える項であり、その変更により塗装面像全体の色の変更処理ができるのに対し、 $m_i(\lambda)$ は分光反射率の角度依存性を与える項で、上記のように光輝材に特有の質感 (光輝材の光干渉による角度に依存した色の変化も含め) を反映する特徴量である。従って、 $b(\lambda)$ を保ったまま、 $m_i(\lambda)$ を変更することにより、塗装色の平均的な色 (着色顔料の呈する色に対応) を保持しつつ、質感の変更ができる。この変更処理の具体的な方法としては以下の (A) ~ (C) がある。

【0177】(A) 光輝材毎に $m_i(\lambda)$ のデータベースを作成しておき、変更前 $m_i(\lambda)$ を任意の光輝材の $m_i(\lambda)'$ に置換する。これは光輝材の置換に対応するので変更後の色・質感をもつ塗装物の製作が比較的容易となる。

【0178】(B) $m_i(\lambda)$ を一定値 (Δm_i) だけ変化させ明度の角度依存性を変化させる。明度の角度依存性は質感と密接に関係している。特徴としては、波長 λ に関係なく一定値 (Δm_i) だけ変化させればよい。ため、変更処理が容易なこと、実在の塗装の特性に拘束されない任意の変更が可能なことである。また、変更後の色・質感をもつ塗装物の製作が現存の材料 (光輝材) では不可能な場合も生じるが、この操作により視覚的に好ましい色・質感を探索し、そのときのモデルのパラメータ (特徴量) から、その色・質感に対応する反射特性を得ることにより、新規光輝材の開発を支援することができる。

【0179】(C) 光輝材毎の $m_i(\lambda)$ (モデルの次元はN次とする) を波長 λ の多項式 (M次とする) で近似し、その係数のデータベースを作成しておき、それらの係数を ($N \times M$ 次元空間上で) 任意に変化させ、質感の変更を行う。各光輝材の特性は $N \times M$ 次元空間上の点で表わされ、変更はそれを参考にして行なうこともできる。なお、それらの点上のみに変更先を制約した場合が (A) に相当する。この変更法は (B) を拡張し、明度に加え、色相や彩度の角度依存性をも可能にしたのであり、利用法や特徴は上記 (B) の説明と同様である。

【0180】上記構成11の特徴は、分光反射率が角度依存性を持たない場合 (光輝材に対する制約は構成3または構成4について説明したのと同様) の質感制御であり、内容的には上記で説明した方法 (B) と同様であり、その特徴としても同様のことがいえる。但し、変更後の m_i として実在の光輝材が値のみを選択すれば、光

輝材の入れ替えに相当する。

【0181】次に、上記構成5、6、7、8、13、14、15におけるモデル式と特徴量について説明する。ここでは、ある変角での分光反射率を基準とし、その変角での分光反射率がどのように変化するかを考える。

【0182】ソリッド塗料の場合、正反射角以外において、その分光反射率は概略一定である。正反射は、正反射角（及び変角分光測定機（ゴニオ24）の測定開き角を加えた角度範囲）においてのみ生じ、反射の強度が極めて大きく、塗装内部の顔料の特性や量には依存しない。従って、上述の反射角度（または角度範囲）における反射は全て正反射であると考え、色変更や材質変更の影響を受けない特徴量として取り扱うことができる。

【0183】一方、干渉等の色相変化効果の少ない光輝材を含む塗料においては、変角に応じて分光反射率が変化する。本発明者等は、色相変化効果の少ない光輝材を含む塗料の変角分光反射率を解析し、正反射角以外の変角において、その分光反射率がほぼ相似形であることに着目した。この現象は、変角に応じてその塗装に照射する光の量が変化することに類似している。ある物体にある光を照射した時の物体の見え方がその物体の反射率と光の強さの積で求められることに基づき、光輝材の効果を光の強さの変化と考えることを検討した結果、基準となる分光反射率に変角の関数である係数を乗算する方法で、変角に応じて変化する分光反射率の概略を再現することができた。又、各変角の分光反射率の間には、相似的な変化の他に、反射率方向への平行移動的な変化もあることに着目し、基準となる分光反射率に変角の関数である係数を乗算した後、これに変角の関数である別の係数を乗算する方法を検討し、これにより変角に応じて変化する分光反射率をより正確に再現することを確認した。さらに、ソリッド塗料の場合と同様に、正反射角においては正反射特性のみであることにすることにより、ある基準となる分光反射率を基に、その他の変角での分光反射率を再現することができた。

【0184】この方法は、基準となる分光反射率の変調と捉えることもできる。即ち、基準となる分光反射率に乗算する係数は、この分光反射率に対する増幅率であり、加える係数はバイアスである。変角の関数である増幅とバイアスを、その塗料の特徴量と考えることができる。

【0185】さらに、干渉等の色相変化効果を有する光輝材を含む塗料について考える。これらの効果は、先に述べた様に、変角に応じてその光輝材固有の分光反射率を生じるものである。先の干渉等の色相変化効果のない光輝材を含む塗料の場合には、各変角での分光反射率は基準となる分光反射率を変調することによって得られたが、干渉等の色相変化効果を有する光輝材による分光反射率は基準となる分光反射率とは別の分光反射率であり、変調によって再現されるものではない。逆に、先の

基準となる分光反射率の変調では再現できなかった成分は、光輝材そのものの色や干渉の効果、すなわち、色相変化効果と考えることができる。従って、元の変角分光反射率と基準となる分光反射率の変調によって得られた変角分光反射率との差を、変角と波長の関数である色相変化の特徴量と考えることができる。

【0186】このように、本方法は、個々に実測された変角分光反射率から特徴量を抽出するものであり、光輝材毎の定数や特徴量を予め準備する必要が一切ないため、あらゆる光輝材にすぐに適用可能である。又、色相変化の特徴量を導入することにより、実測した変角分光反射率と各特徴量から再構成された変角分光反射率とは完全に一致し、実測した外板色からのスムーズな色変更、質感変更が可能である。

【0187】次に、構成5、6によるデータ量削減の効果を説明する。本モデル式によれば、ソリッド塗料および色相変化効果を有しない光輝材を含む塗料について、その特徴量は少ないデータ量で表現することが可能であり、変角分光反射率を再現するためのデータ量を削減することができる。

【0188】例えば、変角分光反射率を変角0から90度（1度刻み）、分光反射率390から730nm（10nm刻み）で測定した場合、そのデータ数は $91 \times 35 = 3185$ 個の実数（反射率）となる。しかし、本方法によれば、基準となる分光反射率1つ（35個）、および、変角の関数である増幅率とバイアス（ 91×2 ）のみで合計217個の実数であり、データ量を元の約6.8%に削減することが可能である。

【0189】一方、色相変化効果を有する光輝材を含む塗料の場合、色相変化の特徴量が必要であり、データ量を削減することはできない。しかしながら、実際には、元の変角分光反射率から色相変化の特徴量を求め、その値が無視出来ない程に大きい場合にのみ、この特徴量を保存すれば良く、多数の塗装色の変角分光反射率を記憶する場合には、本方法によるデータ削減の効果が得られる。

【0190】次に、構成15による変角分光反射率のノイズ除去について説明する。変角分光反射率は、変角の軸とそれに直交する波長の軸、および、それらの軸を含む平面に垂直な反射率の軸の3次元にプロットすることができる。外板色塗料は、波長方向について反射率の急峻な変化のない顔料から構成されているため、その変角分光反射率の波長方向については、その変化は穏やかである。そのことを信号周波数で考えると、本来外板色塗料の有する波長方向への変化の周波数は低く、逆に、もし、実測データの中に周波数の高い成分が含まれていた場合には、それは、測定のパラツキ成分であり、除去されるべきものであると考えられる。このような高周波成分の除去は、一般にスムージング処理で実施することができる。

【0191】一方、変角方向についても、正反射近傍を除き、その変化は穏やかであるが、正反射近傍においては、その変化は急峻である。従って、変角方法については、正反射近傍以外では前記のようなスムージング処理によるノイズ除去が可能であるが、正反射近傍においては、その処理を行うことは不適当である。(もし、行った場合には、ノイズ除去ではなく、本来の測定値を歪ませる結果になる。)

又、受光器は、光量が少ない場合には測定値にバラツキが生じ易く、逆に、光量が多い場合にはバラツキが生じにくい特性がある。このことを、先の変角方向への変化に照らしあわせると、反射率が高くなる正反射近傍での測定値にはバラツキが少なく、フィルタリング処理の必要はないと考えられる。

【0192】従って、処理の対象となる変角分光反射率データについて、その反射率の値が低い場合に限定して、2次元のスムージング処理を行うことにより、波長方向へのデータと変角方向へのデータの双方を利用した効果の高いノイズ除去が実現できる。

【0193】次に、構成5、6の方法における特徴量の抽出方法について説明する。まず、元になる外板色を塗装した平塗板を変角分光光度計にかけ、変角分光反射率を計測する。この計測は、例えば、光の入射角が塗板の法線に対し60度、光の受光角(すなわち、変角)が0(正反射)から90度で1度きざみ、各変角について390から730nmまで10nm毎に反射率を求めれば良い。その後、上記の計測で得た、データをコンピュータへ入力し、ノイズ除去処理を行う。この処理の手順は、各変角について、その変角の分光反射率から視感反射率Yを求め、この視感反射率Yが予め定められた値より小さい場合に、その変角の分光反射率データに対し変角方向および波長方向へのスムージング処理を行ない、その結果をノイズ除去が完了した分光反射率データとするものである。この場合には、スムージング処理を行うか行わないかの判定に視感反射率Yを利用したが、変角分光光度計の受光器に入射する光の量に関連する値であれば他の値を利用することも可能であり、例えば、変角毎の分光反射率について、各波長の反射率の合計を利用しても良い。

【0194】ノイズ除去終了後、変角40度の分光反射率を基準の分光反射率とする。この基準の分光反射率を色に関する特徴量とする。この場合には、変角40度の分光反射率を利用したが、他の変角の分光反射率でも構わない。この基準の分光反射率は、光輝材の影響が少ないものが望ましく、その観点から、なるべく、大きい変角での分光反射率であることが望ましい。しかし、一方、大きい変角では反射率が非常に低くなり、十分な測定精度が得られないことが多い。したがって、現状では、十分な測定精度が得られる範囲でできるだけ大きな変角の分光反射率が使用されるべきであり、測定機の精

度向上に伴い、より大きな変角の分光反射率を利用すべきである。

【0195】その後、正反射領域に関する処理を行う。即ち、変角0度および1度の分光反射率について、変角2度の分光反射率との差が求められ、それぞれの角度(0度と1度)での正反射光成分とする。この場合、0度および1度について、この処理を行ったが、正反射光は、原理的には正反射角(すなわち、0度)のみで生じるものであり、1度でもこの処理を行ったのは変角分光測定機の測定開き角を考慮したためである。仮に、理想的な測定機を使用した場合には、この処理は、変角0度の分光反射率との1度の分光反射率との差を求める処理で良い。

【0196】その後、質感に関する特徴量が求められる。2度以上の各変角について、各波長の反射率を目的変数とし、また、基準の分光反射率の各波長の反射率を説明変数し、一次回帰を行い、その結果の傾きと切片を、その変角における質感の特徴量とする。この傾きは、基準の分光反射率に掛ける係数、切片は、基準の分光反射率に先の係数を掛けた後に加える係数である。各変角について、傾きと切片を求め、それぞれを変角の関数とし、質感に関する第1の特徴量、第2の特徴量とする。又、変角0度及び1度のこれらの値については、変角2度を値を代入する。

【0197】さらに、2度以上の各変角について、質感に関する第1、第2の特徴量と色に関する特徴量から分光反射率を再構成し、その値と元の(実測した)その変角の分光反射率との差を各波長毎に求め、その値をその変角、その波長での質感に関する第3の特徴量とする。この処理を2度以上の各変角、各波長について行うことにより、この特徴量を変角および波長の関数とする。又、変角0度及び1度のこれらの値については、変角2度を値を代入する。

【0198】質感に関する第3の特徴量が、全ての変角、全ての波長において、予め定められた値より小さい場合には、この特徴量を省き、色に関する特徴量および質感に関する第1、第2の特徴量のみを記憶し、元の変角分光反射率をおよそ再現することが可能である。

【0199】次に、構成5、6、8の方法による色変更の方法を説明する。前記の方法により、特徴量の抽出が完了しているものとする。

【0200】色変更は、色に関する特徴量(この場合、変角40度の分光反射率)を変更することによって実現される。変更後の色に関する特徴量は、各変角と各波長について、質感に関する第1の特徴量(変角の関数)を乗算し、質感に関する第2の特徴量(変角の関数)と同第3の特徴量(変角と波長の関数)を加え、特に、1度以下の変角については、さらに、正反射成分(変角と波長の関数)を加えることにより、質感は維持し色変更を行った変角分光反射率が得られる。

【0201】本実施例は、色に関する特徴量の変更手段を問うものではなく、いかなる手段を用いても、結果的に色に関する特徴量に変更されれば良い。例えば、各波長毎の反射率をグラフィクイコライザで増減させても良く、又、この特徴量を3刺激値やマンセル値に変換し、それらの値について変更操作を行った後、既に知られているニューラルネットワークの利用等により、変更された3刺激値やマンセル値から変更された色に関する特徴量を求めても良い。

【0202】又、色に関する特徴量を変更するのではなく、他の塗装色から抽出された色に関する特徴量に置き換えることも可能であり、さらには、塗装色以外の物体を測定して求められた分光反射率や、計算的に生成された分光反射率を色に関する特徴量とすることも可能である。

【0203】さらに、色変更の操作対象とする分光反射率は、各特徴量が求められている変角の何れでも良く、例えば、変角40度の分光反射率を色に変更する特徴量とする場合に変角20度の分光反射率について色変更を行うことも可能である。この場合、変角20度での分光反射率が指定の(色変更後の)分光反射率になるような、色に関する特徴量(すなわち、変角40度の分光反射率)を算出すれば良い。勿論、その時、各質感に関する特徴量に変更しない。

【0204】これらの色変更の操作は、変更の対象となる変角分光反射率を元に作成されたR塗版や自動車の画像を見ながら行っても良く、その場合には、色変更の操作後、すぐに変更後の変角分光反射率を再構成し、インタラクティブに変更の結果を確認しながら、操作を行うことが望ましい。

【0205】次に、質感変更の方法を説明する。前記の方法により、特徴量の抽出が完了しているものとする。

【0206】質感変更は、3つの質感に関する特徴量をそれぞれ変更することによって実現される。変更後、色に関する特徴量は、各反射角と各波長について、変更された質感に関する第2の特徴量(変角の関数)と変更された第3の特徴量(変角と波長の関数)が加算され、特に、1度以下の変角については、さらに、正反射成分(変角と波長の関数)が加算されることにより、色は維持し質感変更を行った変角分光反射率が得られる。勿論、3つの質感に関する特徴量のいずれか1つあるいは2つのみを変更しても良い。

【0207】本発明の一部は、3つの質感に関する特徴量の変更方法を与えるものであり、例えば、変角の変化に伴う彩度・明暗差(フリップフロップ感)を強める場合には変角に依存しない一定の係数を質感に関する第1の特徴量に乗算することにより、その特徴量を変更すれば良く、又、明暗差のみを強める場合には変角に依存しない一定の係数を質感に関する第2の特徴量に乗算することにより、その特徴量を変更すれば良く、さらに、変

角の変化に伴う色相変化の効果を強めるには変角、波長に依存しない一定の係数を質感に関する第3の特徴量に乗算することにより、その特徴量を変更すれば良い。これらの方法は、質感変更のための質感に関する特徴量の変更の最も簡単かつ効果的な方法であるが、本発明全体は、質感に関する特徴量の変更手段を問うものではなく、いかなる手段を用いても、結果的に質感に関する特徴量に変更されれば良い。例えば、各変角毎の質感に関する第1の特徴量をグラフィクイコライザで増減させても良く、又、特に、質感に関する第3の特徴量については、各変角度毎の波長方向への成分を分光反射率と考え、その分光反射率から各変角毎の3刺激値やマンセル値に相当する値を求め、これらの値を、横軸を変角としたグラフに表示し、変角毎にグラフィクイコライザで増減させても良い。変更したマンセル値から分光反射率を求める方法は、先に色に関する特徴量の変更で述べた方法が適用可能である。さらに、変角の関数である様な係数をこれらの質感に関する特徴量に掛ける方法もあり、その場合には、例えば、正反射に近い領域ではフリップフロップ感を強め、正反射から遠い領域ではその効果を弱めるといった質感変更が可能になる。

【0208】又、質感に関する特徴量を変更するのではなく、他の塗装色から抽出された質感に関する特徴量に置き換えることも可能であり、その場合には、3つの質感に関する特徴量全てを置き換えることにより全ての質感が交換され、また、例えば、質感に関する第3の特徴量だけを置換することにより、色相変化の効果のみを他の塗料のものに置換することが可能である。さらには、計算的に生成された値を質感に関する特徴量とすることも可能である。

【0209】これらの質感変更の操作は、変更の対象となる変角分光反射率を元に作成されたR塗版や自動車の画像を見ながら行っても良く、その場合には、質感変更の操作後、すぐに変更後の変角分光反射率を再構成し、インタラクティブに変更の結果を確認しながら、操作を行うことが望ましい。

【0210】以上、本発明の実施例について説明したが、本発明の実施例には特許請求の範囲に記載した要件以外に、次のような態様を有するものである。

【0211】[態様1] 被塗装物に形成される塗装面の塗装色について、塗装色の反射光を受光するときの受光角を変化させた変角毎の分光反射率を計測し、この変角毎の分光反射率から、分光波長に依存する第1の特徴量と、1つ以上の変角に依存しない特性値とを求め、受光角の値を1つ以上の所定の係数で累乗して得られる1つ以上の値で、前記特性値を累乗して得られる1つ以上の値を求め、これを第2の特徴量とし、この1つ以上の第2の特徴量と前記第1の特徴量との積を求めることにより、変角毎の分光反射率を再構成する塗装色再現方法。

【0212】具体的には、上記の構成1又は構成2にも

述べたように、モデル式を式(18)で表し、 $b(\lambda)$ を第1の特徴量とすると共に、

【数19】

$$m_i(\lambda) \times^i$$

を第2の特徴量とする。

【0213】[態様2]被塗装物に形成される塗装面の塗装色について、塗装面の反射光を受光するときの受光角を変化させた変角毎の分光反射率を計測し、この変角毎の分光反射率から、分光波長に依存する第1の特徴量と、この第1の特徴量と前記変角毎の分光反射率とから、変角毎に、1つ以上の分光波長によらず、一定値となる第3の特徴量を求め、前記第1の特徴量と1つ以上の第3の特徴量との積、または、積および和を求めることにより、変角毎の分光反射率を再構成する塗装色再現方法。

【0214】具体的には、上記構成5にも述べたように、モデル式を式(23)で表し、 $b(\lambda)$ を第1の特徴量とすると共に、 $\alpha(x)$ 、 $\beta(x)$ の少なくとも一方を第3の特徴量とする。

【0215】[態様3]被塗装物に形成される塗装面の塗装色について、塗装面の反射光を受光するときの受光角を変化させた変角毎の分光反射率を計測し、この変角毎の分光反射率から、分光波長に依存する第1の特徴量と、この第1の特徴量と前記変角毎の分光反射率とから、1つ以上の分光波長および変角によらず一定値となる特性値を求め、受光角の値を1つ以上の所定の係数で累乗して得られる1つ以上の値で、前記特性値を累乗して得られる変角毎に分光波長によらず一定値となる1つ以上の値を求め、これを第4の特徴量とし、この1つ以上の第4の特徴量と前記第1の特徴量との積を求めることにより、変角毎の分光反射率を再構成する塗装色再現方法。

【0216】具体的には、上記構成3又は構成4にも述べたように、モデル式を式(20)で表し、 $b(\lambda)$ を第1の特徴量とすると共に、

【数20】

$$m_i(\lambda) \times^i$$

を第4の特徴量とする。

【0217】[態様4]前記態様1、2、3の方法によって再構成された変角毎の分光反射率と、計測された変角毎の分光反射率との、変角および分光波長毎の差で定まる第5の特徴量を求め、再構成された変角毎の分光反射率と該第5の特徴量との和を求めることにより、変角毎の分光反射率を再構成する塗装色再現方法。

【0218】具体的には、上記構成6にも述べたように、モデル式を式(26)で表す際に、式(25)表される $T(x, \lambda)$ を第5の特徴量とする。

【0219】[態様5]前記態様1、2、3及び4の方

法によって求められた第1の特徴量を変更することにより、塗装色の色を変更する塗装色変更方法。

【0220】[態様6]前記態様1、2、3および4の方法によって求められた第2の特徴量、第3の特徴量、第4の特徴量、及び第5の特徴量を変更することにより、塗装色の質感を変更する塗装色変更方法。

【0221】[態様7]前記態様1、2、3および4の方法において、計測された変角毎の分光反射率について、分光波長方向と変角方向の2方向について同時に行なわれる平滑化処理を分光反射率の値に応じて制御することにより、計測された変角毎の分光反射率の雑音成分を低減する方法。

【0222】なお、上記実施例では、新規または再構成された変角分光反射率を用いて画像を表示する場合について説明したが、本発明は画像の表示に限定されるものではない。例えば、熟練を要する顔料の混合比の設定等である配合をクベルカ・ムンク理論に従った基本色材料(顔料等の着色剤)の配合としてコンピュータ演算により求めるコンピュータカラーマッチング(CCM)へ適用することが可能である。このCCMは、分光光度計等により計測された色見本の反射率に一致するように反射率が既知の複数の顔料の混合比等をコンピュータの演算により求めるものである。また、他例としてデザイナーやユーザーが意図する塗装色を再現するために、CCMを用いて着色剤の調合割合等を決定する場合への適用も可能である。

【0223】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、被塗装物を計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、変角に依存する第2の特徴量とを求めて被塗装物の塗装色を再現しているため、被塗装物の塗装色を意図する色、質感に変更することができる、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例における色や質感の制御方法の段階を概念的に示したイメージ図である。

【図2】色変更、質感変更の概念を説明するためのイメージ図である。

【図3】本実施例のパーソナルコンピュータを含む塗装色を再現するためのコンピュータグラフィクス装置の概略構成図である。

【図4】ゴニオの構成を説明するための概念図である。

【図5】本実施例に用いる変角を説明するための座標系を示す線図である。

【図6】反射率を近似的に扱うことを説明するための説明図である。

【図7】塗装面の構成を示すイメージ図であり、(a)はメタリック塗装面、(b)はパールマイカ塗装面、(c)はソリッド塗装面を示している。

【図8】光透過・干渉性材料による光の挙動を説明する

ための説明図である。

【図 9】塗装色を再構成する処理の流れを示すフローチャートである。

【図 10】1 次回帰を説明するために用いる線図である。

【図 11】特徴量抽出処理の詳細を示すフローチャートである。

【図 12】ノイズ除去処理による効果と色度への影響の実験結果を示す線図である。

【図 13】ノイズ除去処理による効果と色度への影響の実験結果を示す線図である。

【図 14】光輝材種毎に得られた各種特徴量を示す線図である。

【図 15】光輝材種毎に得られた各種特徴量を示す線図である。

【図 16】3 K 4 の塗板と 3 K 3 の塗板の色度図を示す線図である。

【図 17】8 E 3 の塗板と 8 J 4 の塗板の色度図を示す線図である。

【図 18】(A) ~ (D) は 4 K 4 の塗板と 4 L 5 の塗板の色度図を示す線図であり、(E) ~ (H) は 8 G 2 の塗板と 8 J 6 の塗板の色度図を示す線図である。

【図 19】塗装面を測定した複数波長の変角分光反射率を変角分布を示す線図である。

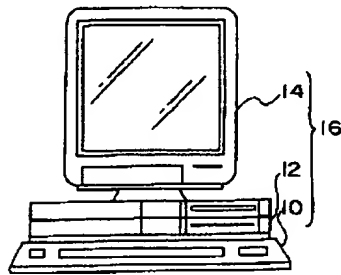
【図 20】モデル式による変角と実測データの誤差を色差の関係を示す線図である。

【符号の説明】

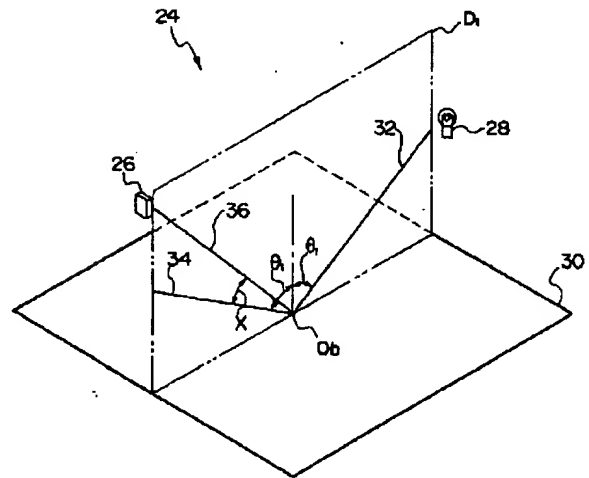
16 パーソナルコンピュータ

24 ゴニオ

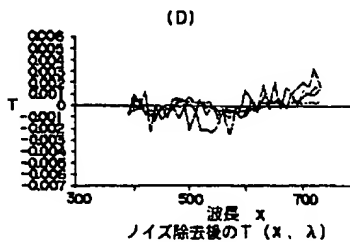
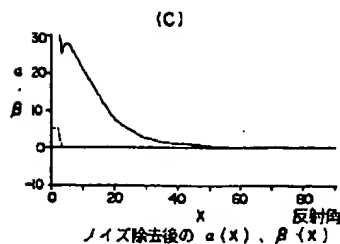
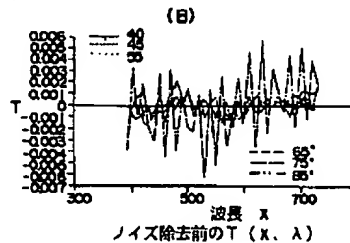
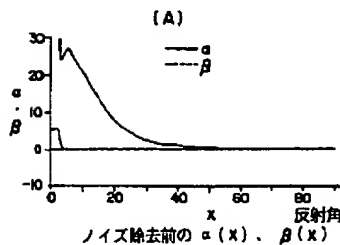
【図 3】



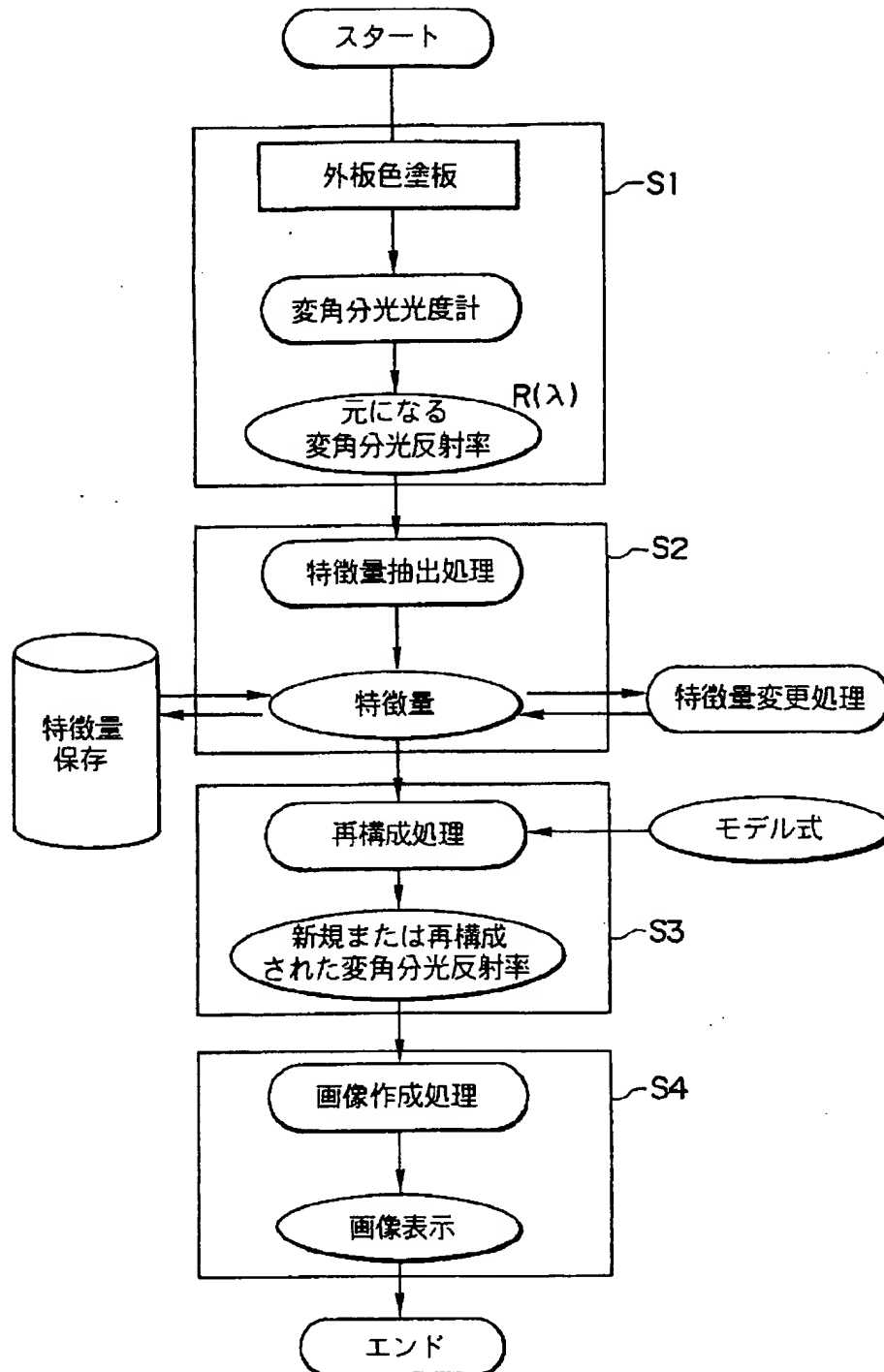
【図 4】



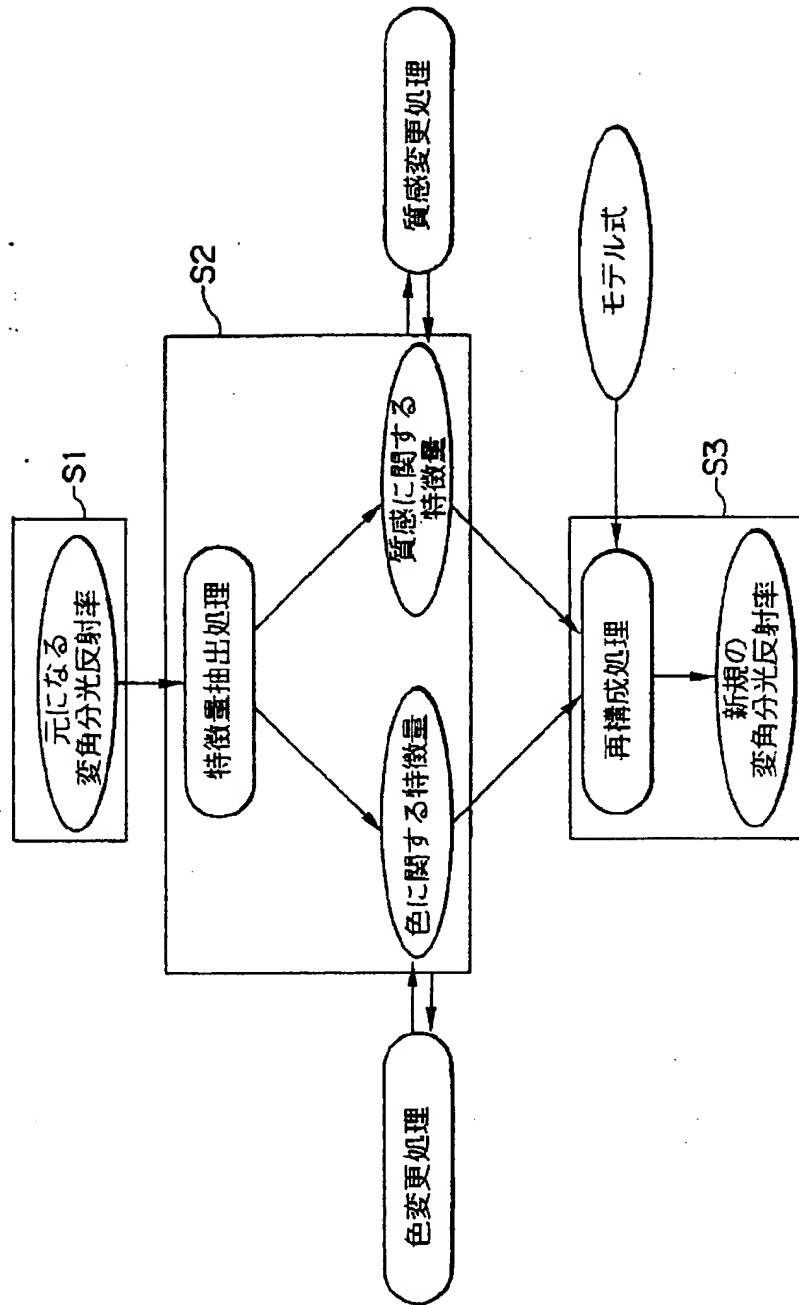
【図 13】



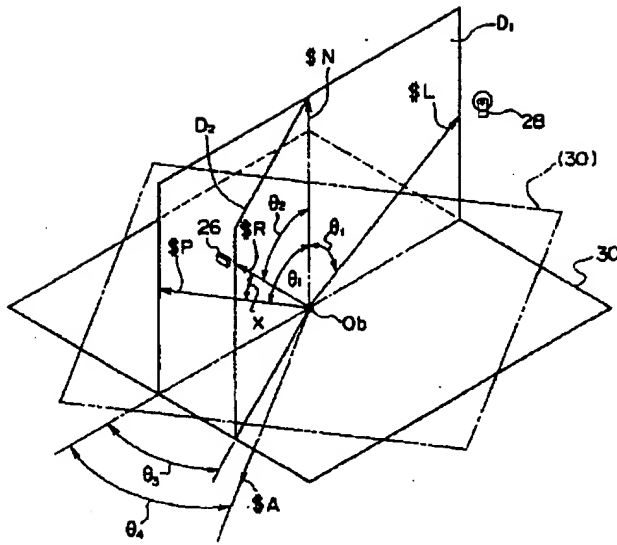
【図1】



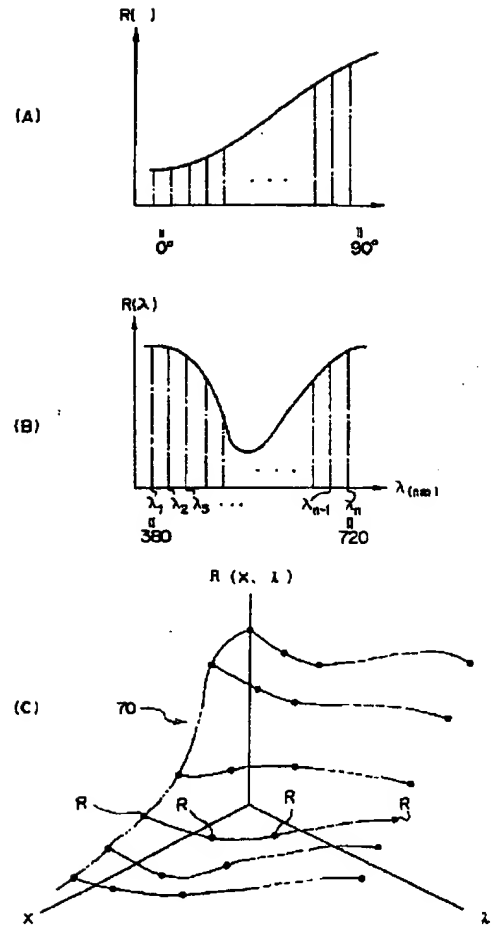
【図 2】



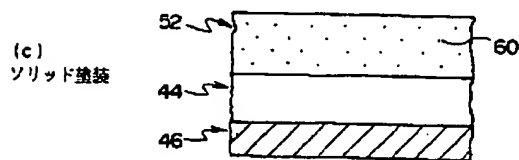
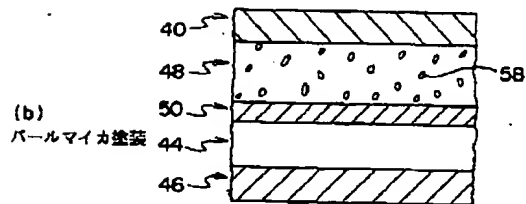
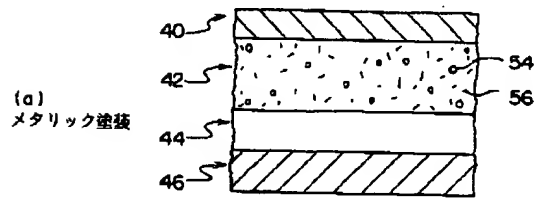
【図5】



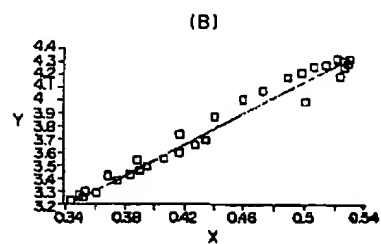
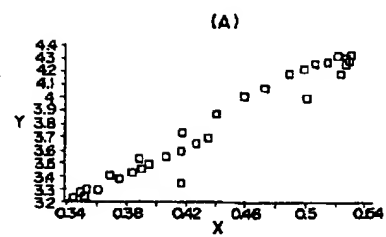
【図6】



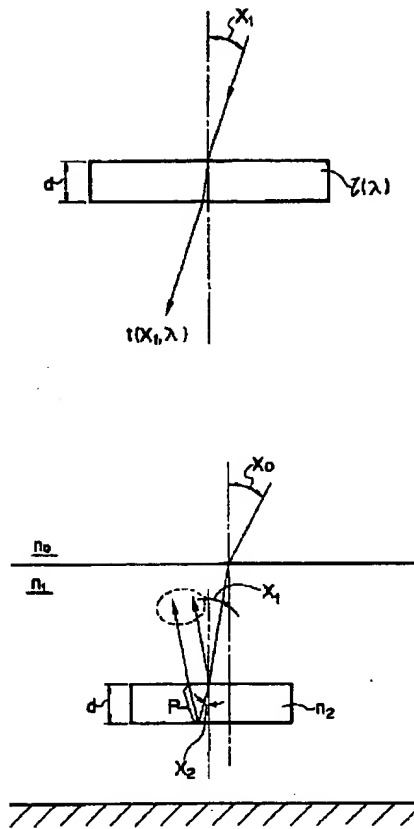
【図7】



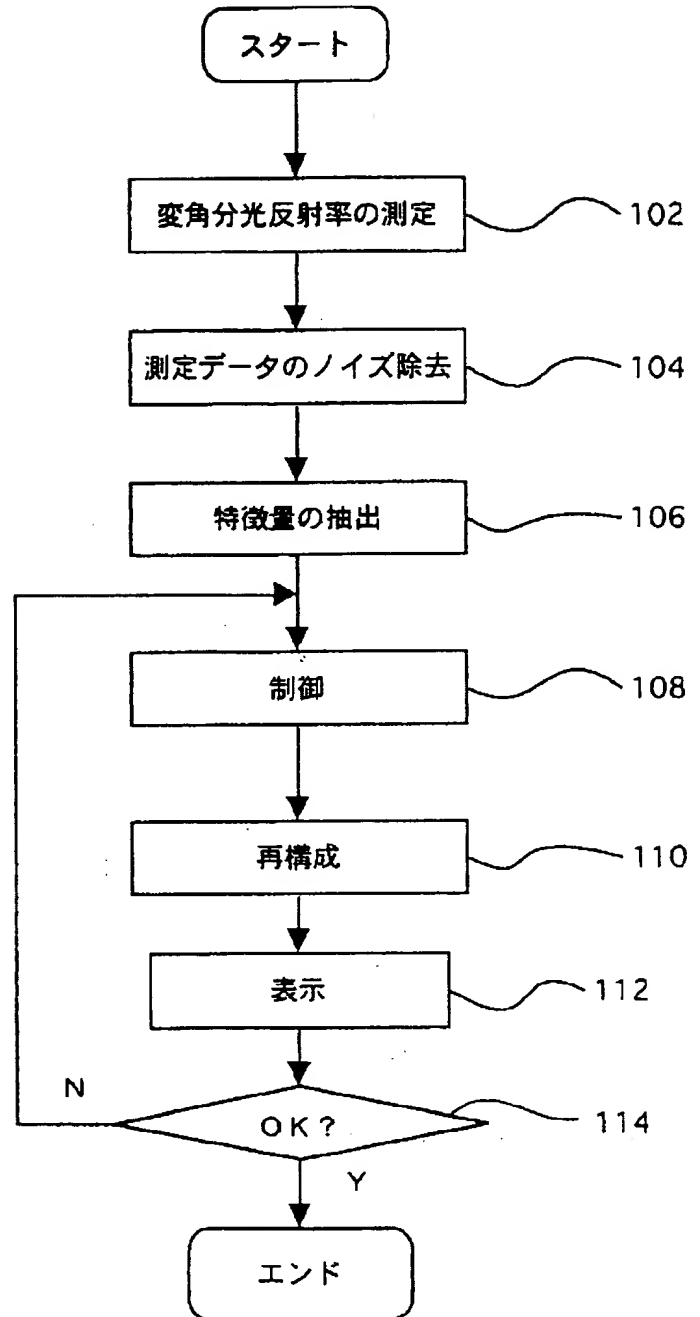
【図10】



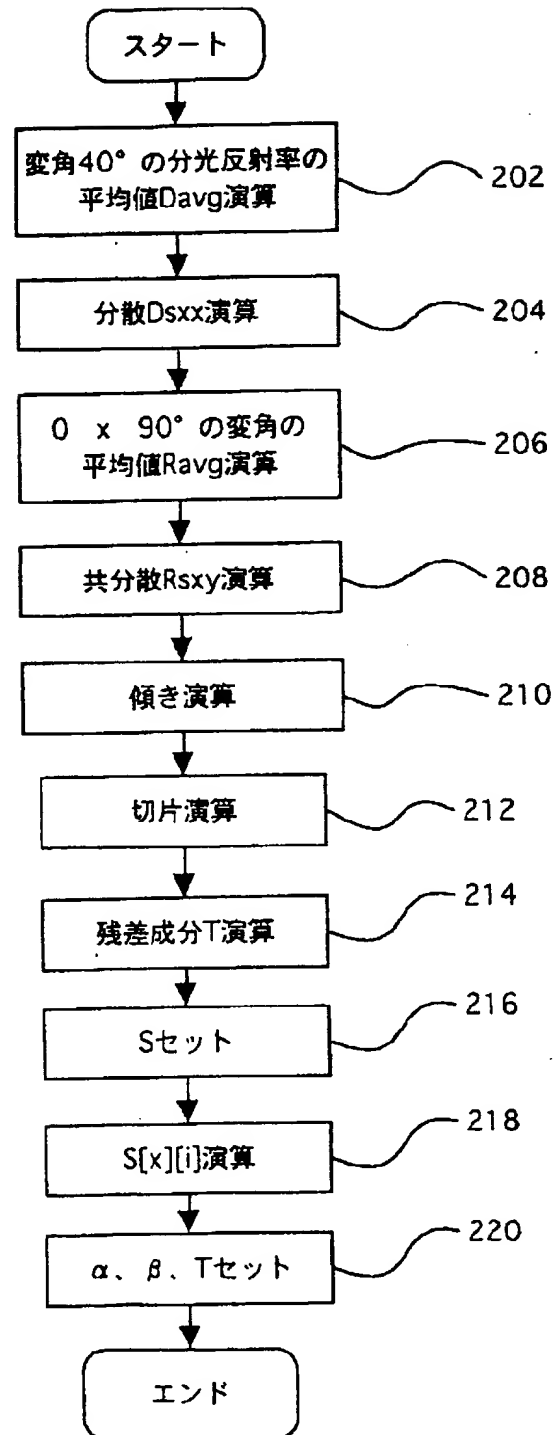
【図 8】



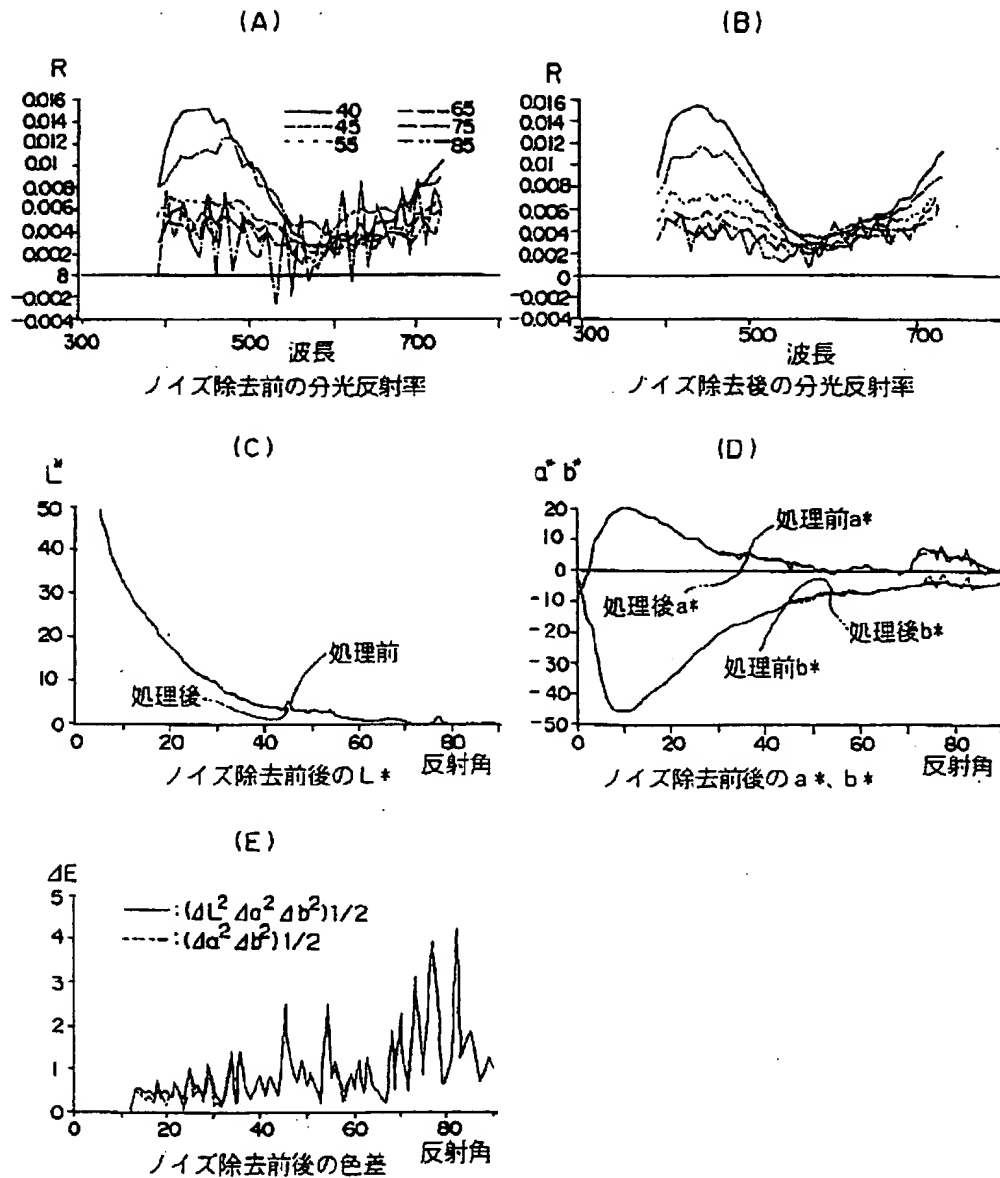
【図 9】



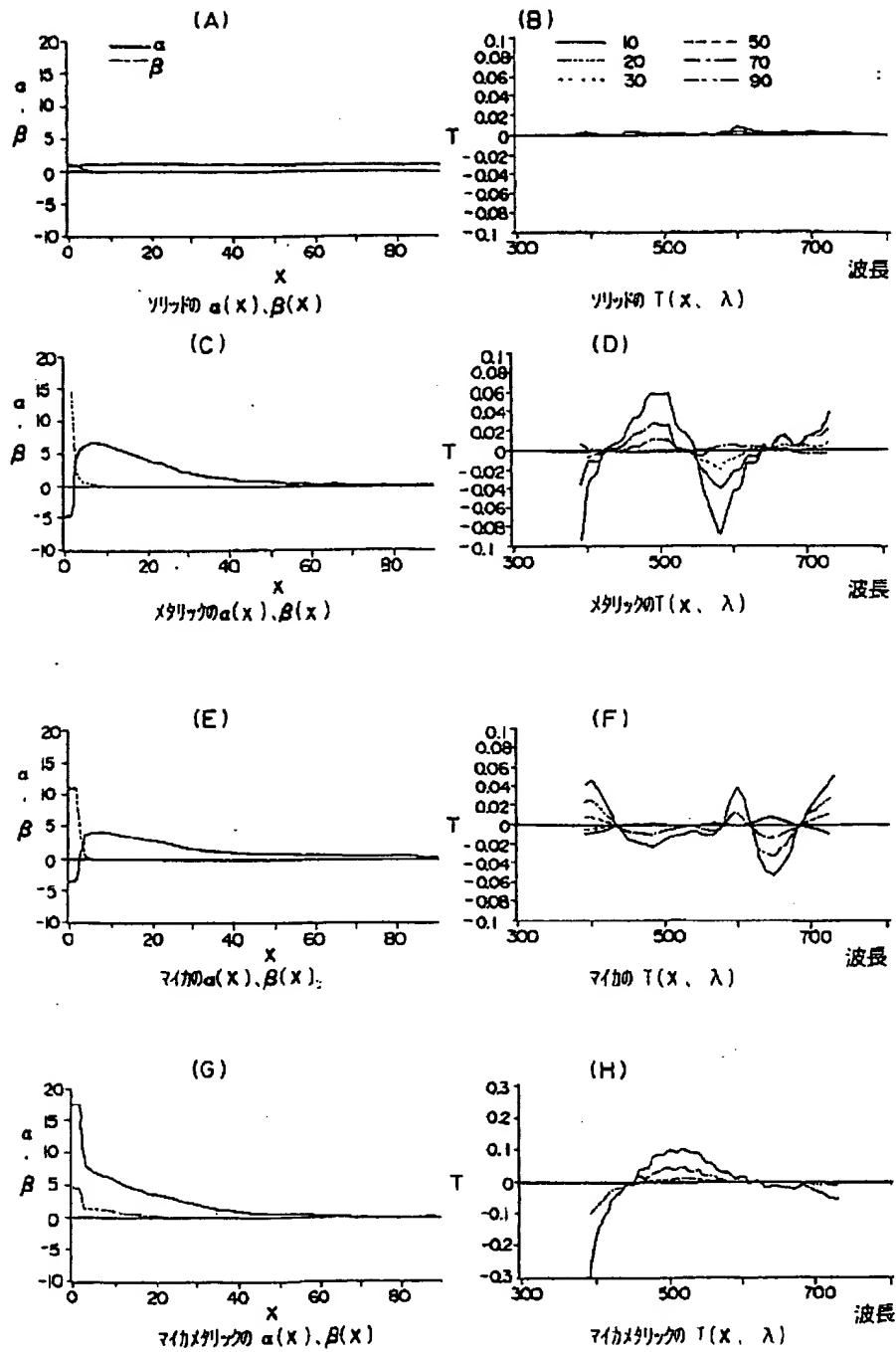
【図11】



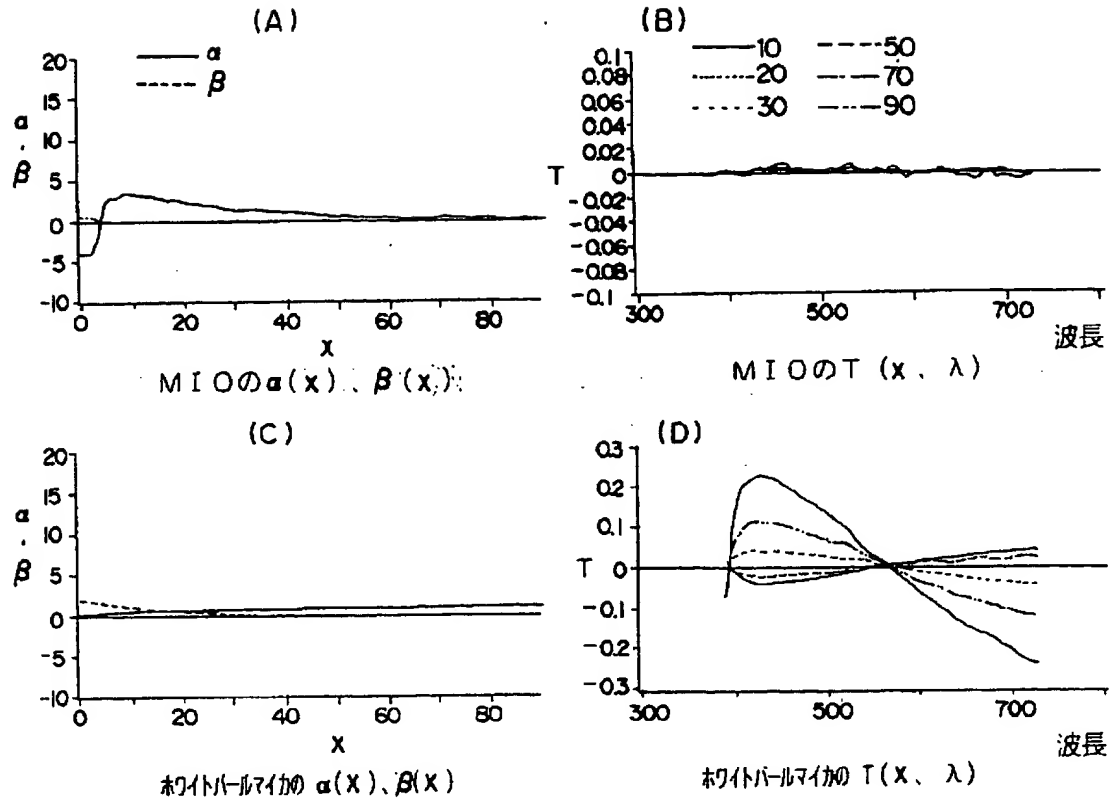
【図12】



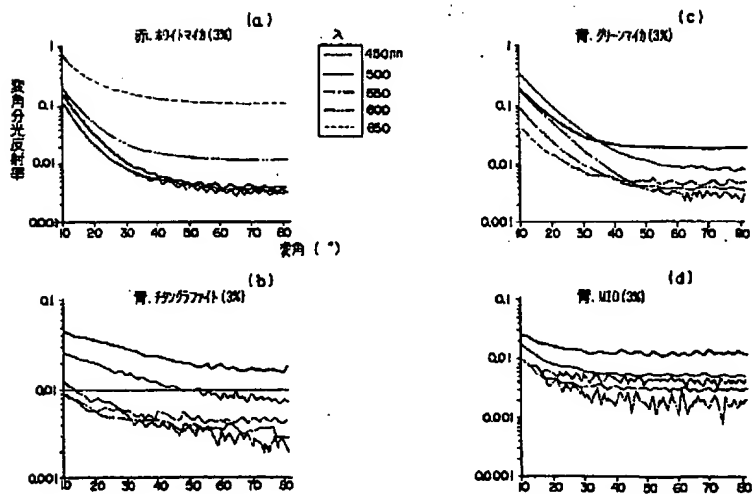
【図14】



【図15】

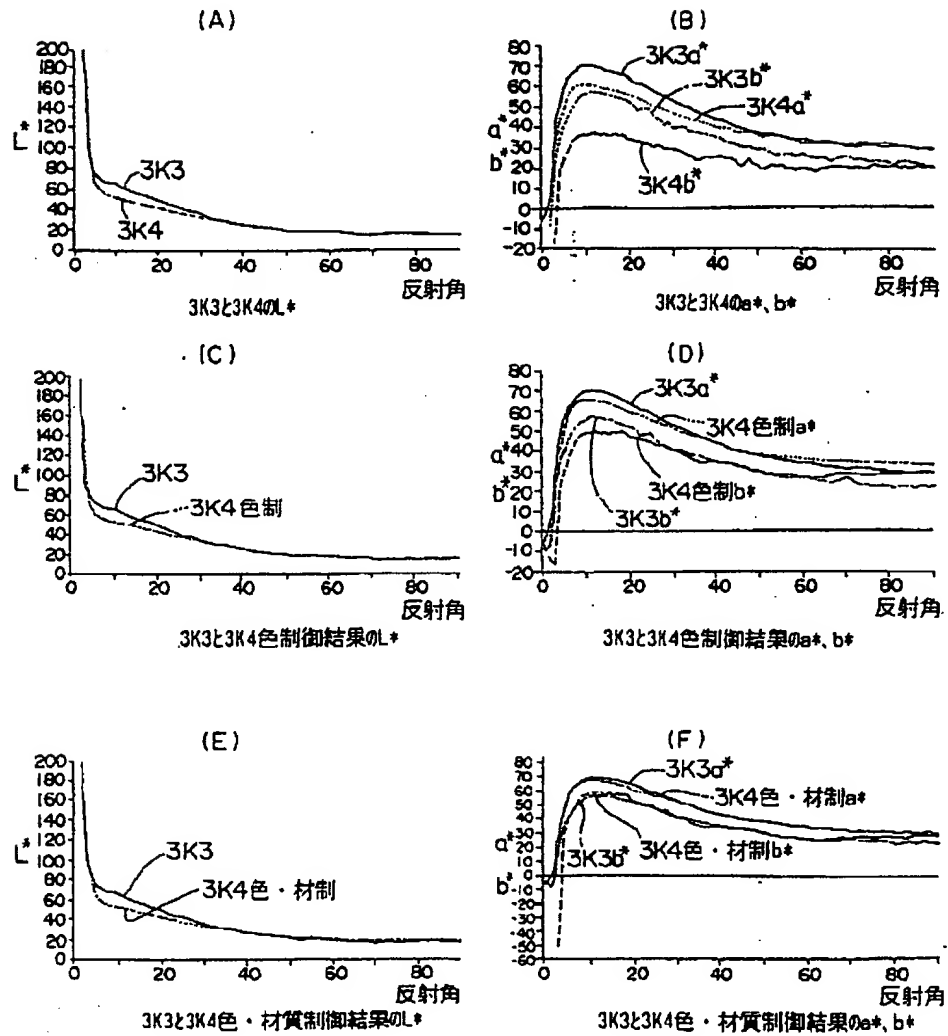


【図19】

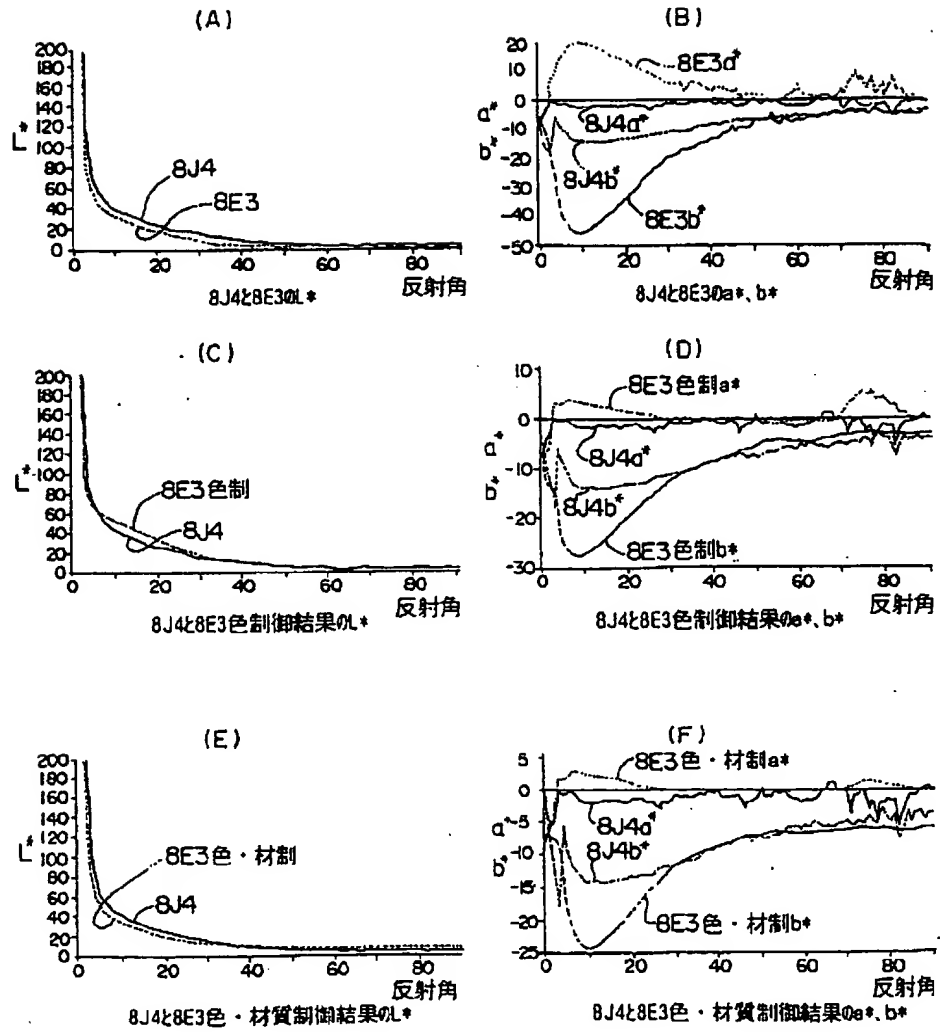


【図16】

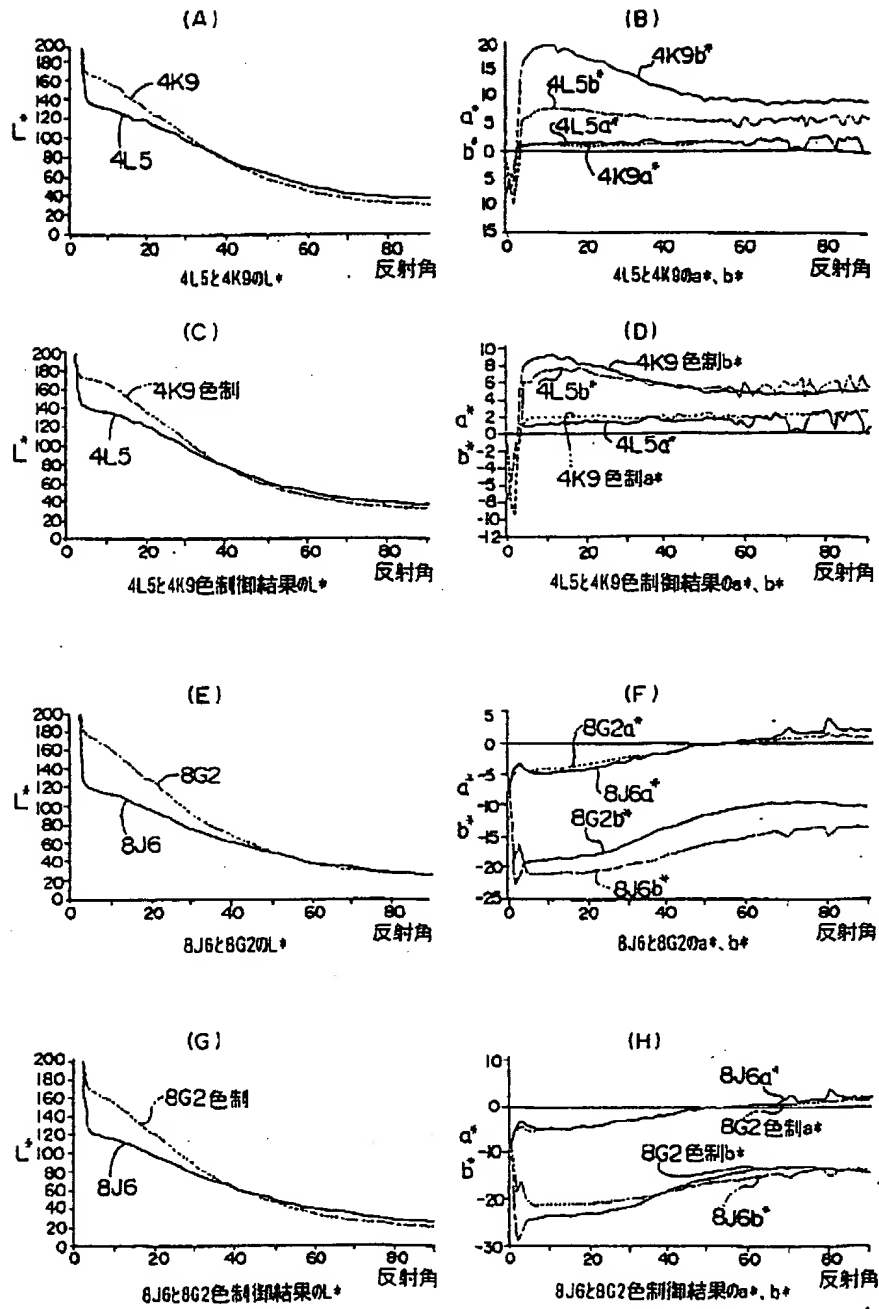
色・材質制御を行った塗板および制御結果の色度グラフ



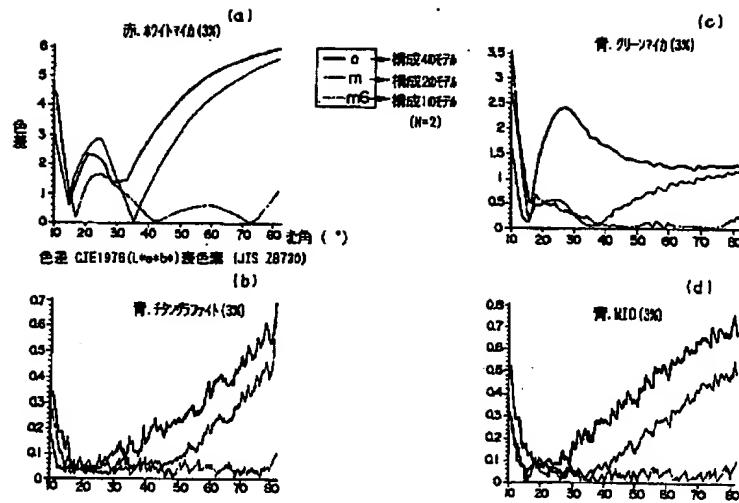
【図 17】



【図18】



【図20】



フロントページの続き

(72)発明者 大関 徹
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
(72)発明者 服部 寛
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 内山 祐司
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 石原 利員
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
(72)発明者 増田 豊
神奈川県平塚市東八幡4丁目17番1号 関西ペイント株式会社内

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 3 区分

【発行日】平成 11 年（1999）8 月 27 日

【公開番号】特開平 8 - 1 2 3 9 8 1

【公開日】平成 8 年（1996）5 月 17 日

【年通号数】公開特許公報 8 - 1 2 4 0

【出願番号】特願平 6 - 2 6 0 7 8 6

【国際特許分類第 6 版】

G06T 15/50

G06F 17/50

【F I】

G06F 15/72 465

15/60 680 Z

【手続補正書】

【提出日】平成 10 年 9 月 1 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、
前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第 1 の特徴量と、前記変角に依存する第 2 の特徴量を演算する特徴量演算手段と、
前記特徴量演算手段で求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、
を備えたコンピュータグラフィクス装置。

【請求項 2】前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することを特徴とする請求項 1 に記載のコンピュータグラフィクス装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のコンピュータグラフィクス装置は、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、

前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第 1 の特徴量と、前記変角に依存する第 2 の特徴量を演算する特徴量演算手段と、前記特徴量演算手段で求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、を備えている。また、前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【作用】本発明のコンピュータグラフィクス装置では、計測手段によって、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する。従って、被塗装物の塗装面に含まれる顔料や光輝材等の材料が所有する固有の変角特性を得ることができる。このため、塗装色は各変角・各波長での反射率、すなわち、変角分光反射率で表現することができる。特徴量演算手段は、計測した変角分光反射率を用いて複数の分光波長に依存する第 1 の特徴量と、変角に依存する第 2 の特徴量を演算する。再現手段は、求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、被塗装物の塗装色を再現する。この場合、再現手段は特徴量演算手段で求めた第 1 の特徴量と第 2 の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第3区分
 【発行日】平成11年(1999)8月27日

【公開番号】特開平8-123981
 【公開日】平成8年(1996)5月17日
 【年通号数】公開特許公報8-1240
 【出願番号】特願平6-260786
 【国際特許分類第6版】

G06T 15/50

G06F 17/50

【F I】

G06F 15/72 465

15/60 680 Z

【手続補正書】

【提出日】平成10年9月1日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、
 前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存する第2の特徴量を演算する特徴量演算手段と、
 前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、
 を備えたコンピュータグラフィクス装置。

【請求項2】 前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することを特徴とする請求項1に記載のコンピュータグラフィクス装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のコンピュータグラフィクス装置は、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、

前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存する第2の特徴量を演算する特徴量演算手段と、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、を備えている。また、前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【作用】本発明のコンピュータグラフィクス装置では、計測手段によって、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する。従って、被塗装物の塗装面に含まれる顔料や光輝材等の材料が所有する固有の変角特性を得ることができる。このため、塗装色は各変角・各波長での反射率、すなわち、変角分光反射率で表現することができる。特徴量演算手段は、計測した変角分光反射率を用いて複数の分光波長に依存する第1の特徴量と、変角に依存する第2の特徴量を演算する。再現手段は、求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、被塗装物の塗装色を再現する。この場合、再現手段は特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第3区分

【発行日】平成11年(1999)8月27日

【公開番号】特開平8-123981

【公開日】平成8年(1996)5月17日

【年通号数】公開特許公報8-1240

【出願番号】特願平6-260786

【国際特許分類第6版】

G06T 15/50

G06F 17/50

【FI】

G06F 15/72 465

15/60 680 Z

【手続補正書】

【提出日】平成10年9月1日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、

前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存する第2の特徴量を演算する特徴量演算手段と、

前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、

を備えたコンピュータグラフィクス装置。

【請求項2】 前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することを特徴とする請求項1に記載のコンピュータグラフィクス装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明のコンピュータグラフィクス装置は、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する計測手段と、

前記計測手段で計測した変角分光反射率を用いて分光波長に依存する第1の特徴量と、前記変角に依存する第2の特徴量を演算する特徴量演算手段と、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、前記被塗装物の塗装色を再現する再現手段と、を備えている。また、前記再現手段は、前記特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正内容】

【0008】

【作用】本発明のコンピュータグラフィクス装置では、計測手段によって、被塗装物からの反射光を受光する受光角を変化させた変角毎の分光反射率として変角分光反射率を計測する。従って、被塗装物の塗装面に含まれる顔料や光輝材等の材料が所有する固有の変角特性を得ることができる。このため、塗装色は各変角・各波長での反射率、すなわち、変角分光反射率で表現することができる。特徴量演算手段は、計測した変角分光反射率を用いて複数の分光波長に依存する第1の特徴量と、変角に依存する第2の特徴量を演算する。再現手段は、求めた第1の特徴量と第2の特徴量とを用いて変角毎の分光反射率を構成し、被塗装物の塗装色を再現する。この場合、再現手段は特徴量演算手段で求めた第1の特徴量と第2の特徴量との積または和を用いて変角毎の分光反射率を構成することができる。